

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50251—2003

输气管道工程设计规范

Code for design of gas transmission pipeline engineering

www.Egas.cn

2003-06-10 发布

2003-10-01 实施

中华人民共和国建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

输气管道工程设计规范

Code for design of gas transmission pipeline engineering

GB 50251—2003

主编部门：油气田及管道建设设计专业标准化委员会

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2003 年 10 月 1 日

www.e99.cn

2003 北 京

中华人民共和国建设部公告

第 156 号

建设部关于发布国家标准 《输气管道工程设计规范》的公告

现批准《输气管道工程设计规范》为国家标准,编号为 GB 50251—2003,自 2003 年 10 月 1 日起实施。其中,第 3.2.8、3.4.1、3.4.3、3.4.4、3.4.6、4.2.3、4.2.4、4.6.1、5.1.2(1)、6.4.4、7.2.1(4)、7.2.2(6)条(款)为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
二〇〇三年六月十日

前 言

根据建设部建标[2001]87号《关于印发“2000至2001年度工程建设国家标准制订、修订计划”的通知》文件的要求,原国家标准《输气管道工程设计规范》(GB 50251—94)由中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司(四川石油勘察设计研究院)负责全面修订。

本次修订是在收集了各有关单位对原规范执行情况,参考了国外的相关标准,并召开了多次协调会、研讨会的基础上进行了反复修改,最后经审查定稿。本规范除保留了原规范中行之有效的条文外,还增加了第4.5节“线路构筑物”、第10.3节“干燥”、第7章“地下储气库地面设施”和第11章“节能、环保、劳动安全卫生”,从而对原规范给予了充实和提高。

本规范由建设部负责对强制性条文的解释,由油气田及管道建设设计专业标准化委员会负责日常管理,由中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司负责具体技术内容的解释。在本规范执行过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,如发现对本规范需要修改和补充之处,请将意见和有关资料寄往:中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司技术质量部(成都市小关庙后街28号,邮编610017),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位:中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司
(四川石油勘察设计研究院)

参 编 单 位:天津大港油田集团石油工程有限责任公司
中国石油规划总院

主要起草人：叶学礼 章申远 任启瑞 向 波 吴克信
 雒定明 魏廉敦 王声铭 刘兴国 唐胜安
 孟凡彬 刘科慧 程祖亮

www.fgar.cn

目 次

1	总 则
2	术 语
3	输气工艺
3.1	一般规定
3.2	工艺设计
3.3	工艺计算与分析
3.4	输气管道的安全泄放
4	线 路
4.1	线路选择
4.2	地区等级划分
4.3	管道敷设
4.4	截断阀的设置
4.5	线路构筑物
4.6	标志
5	管道和管道附件的结构设计
5.1	管道强度和稳定计算
5.2	材料
5.3	管道附件
6	输 气 站
6.1	输气站设计原则
6.2	调压及计量设计
6.3	清管设计
6.4	压缩机组的布置及厂房设计原则
6.5	压气站工艺及辅助系统

6.6	压缩机组的选型及配置	
6.7	压缩机组的安全保护	
6.8	站内管线	
7	地下储气库地面设施	
7.1	一般规定	
7.2	地面工艺	
7.3	设备选择	
7.4	辅助系统	
8	监控与系统调度	
8.1	一般规定	
8.2	系统调度	
8.3	被控站	
8.4	监控	
8.5	通信	
9	辅助生产设施	
9.1	供配电	
9.2	给水排水及消防	
9.3	采暖通风和空气调节	
10	焊接与检验、清管与试压	
10.1	焊接与检验	
10.2	清管与试压	
10.3	干燥	
11	节能、环保、劳动安全卫生	
11.1	节能	
11.2	环境保护	
11.3	劳动安全卫生	
附录 A	输气管道工艺计算	
附录 B	受约束的埋地直管段轴向应力计算和当量应力校核	

附录 C	受内压和温差共同作用下的弯头组合应力 计算
附录 D	敷管条件的设计参数
附录 E	管道附件由膨胀引起的综合应力计算
附录 F	三通和开孔补强的结构与计算
附录 G	压缩机轴功率计算
附录 H	管端焊接接头型式
本规范用词说明	
附:条文说明	

www.egor.cn

1 总 则

1.0.1 为在输气管道工程设计中贯彻国家的有关法规和方针政策,统一技术要求,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制订本规范。

1.0.2 本规范适用于陆上输气管道工程设计。

1.0.3 输气管道工程设计应遵照下列原则:

1 保护环境、节约能源、节约土地,处理好与铁路、公路、河流等的相互关系;

2 采用先进技术,努力吸收国内外新的科技成果;

3 优化设计方案,确定经济合理的输气工艺及最佳的工艺参数。

1.0.4 输气管道工程设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

www.Egas.cn

2 术 语

2.0.1 管输气体 pipeline gas

通过管道输送的天然气和煤气。

2.0.2 输气管道工程 gas transmission pipeline project

用管道输送天然气和煤气的工程。一般包括输气管道、输气站、管道穿(跨)越及辅助生产设施等工程内容。

2.0.3 输气站 gas transmission station

输气管道工程中各类工艺站场的总称。一般包括输气首站、输气末站、压气站、气体接收站、气体分输站、清管站等站场。

2.0.4 输气首站 gas transmission initial station

输气管道的起点站。一般具有分离、调压、计量、清管等功能。

2.0.5 输气末站 gas transmission terminal station

输气管道的终点站。一般具有分离、调压、计量、清管、配气等功能。

2.0.6 气体接收站 gas receiving station

在输气管道沿线,为接收输气支线来气而设置的站,一般具有分离、调压、计量、清管等功能。

2.0.7 气体分输站 gas distribution station

在输气管道沿线,为分输气至用户而设置的站,一般具有分离、调压、计量、清管等功能。

2.0.8 压气站 compressor station

在输气管道沿线,用压缩机对管输气体增压而设置的站。

2.0.9 地下储气库 underground gas storage

利用地下的某种密闭空间储存天然气的地质构造。包括盐穴型、枯竭油气藏型、含水层型等。

2.0.10 注气站 gas injection station

将天然气注入地下储气库而设置的站。

2.0.11 采气站 gas withdraw station

将天然气从地下储气库采出而设置的站。

2.0.12 管道附件 pipe auxiliaries

指管件、法兰、阀门、清管器收发筒、汇管、组合件、绝缘法兰或绝缘接头等管道专用承压部件。

2.0.13 管件 pipe fitting

指弯头、弯管、三通、异径接头和管封头。

2.0.14 输气干线 gas transmission trunk line

由输气首站到输气末站间的主运行管线。

2.0.15 输气支线 gas transmission branch line

向输气干线输入或由输气干线输出管输气体的管线。

2.0.16 弹性敷设 pipe laying with elastic bending

管道在外力或自重作用下产生弹性弯曲变形,利用这种变形,改变管道走向或适应高程变化的管道敷设方式。

2.0.17 清管系统 pigging system

为清除管内凝聚物和沉积物,隔离、更换或进行管道在线检测的全套设备。其中包括清管器、清管器收发筒、清管器指示器及清管器示踪仪等。

2.0.18 设计压力 design pressure

在相应的设计温度下,以确定管道计算壁厚及其他元件尺寸的压力值,该压力为管道的内部压力时称设计内压力,为外部压力时称设计外压力。

2.0.19 设计温度 design temperature

管道在正常工作过程中,在相应设计压力下,管壁或元件金属可能达到的最高或最低温度。

2.0.20 管输气体温度 pipeline gas temperature

气体在管道内输送时的流动温度。

2.0.21 操作压力 operating pressure

在稳定操作条件下,一个系统内介质的压力。

2.0.22 最大操作压力 maximum operating pressure(MOP)

在正常操作条件下,管线系统中的最大实际操作压力。

2.0.23 最大允许操作压力 maximum allowable operating pressure(MAOP)

管线系统遵循本规范的规定,所能连续操作的最大压力,等于或小于设计压力。

2.0.24 泄压放空系统 relief and blow-down system

对超压泄放、紧急放空及开工、停工或检修时排放出的可燃气体进行收集和处理的设施。泄压放空系统由泄压设备(放空阀、减压阀、安全阀)、收集管线、放空管和处理设备(如分离罐、火炬)或其中一部分设备组成。

2.0.25 水露点 water dew point

气体在一定压力下析出第一滴水时的温度。

2.0.26 烃露点 hydrocarbon dew point

气体在一定压力下析出第一滴液态烃时的温度。

3 输气工艺

3.1 一般规定

- 3.1.1 输气管道的设计输送能力应按设计委托书或合同规定的年或日最大输气量计算,设计年工作天数应按 350d 计算。
- 3.1.2 进入输气管道的气体必须清除机械杂质;水露点应比输送条件下最低环境温度低 5℃;烃露点应低于最低环境温度;气体中硫化氢含量不应大于 20mg/m³。
- 3.1.3 输气管道的设计压力应根据气源条件、用户需要、管材质量及地区安全等因素经技术经济比较后确定。
- 3.1.4 当输气管道及其附件已按国家现行标准《钢质管道及储罐腐蚀控制工程设计规范》SY 0007 和《埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范》SY/T 0036 的要求采取了防腐措施时,不应再增加管壁的腐蚀裕量。
- 3.1.5 输气管道应设清管设施。有条件时宜采用管道内壁涂层。

3.2 工艺设计

- 3.2.1 工艺设计应根据气源条件、输送距离、输送量及用户的特点和要求,对管道进行系统优化设计,经综合分析和技术经济对比后确定。
- 3.2.2 工艺设计应确定下列主要内容:
- 1 输气总工艺流程。
 - 2 输气站的主要参数和流程。
 - 3 输气站的数量和站间距。
 - 4 输气管道的直径、设计压力及压气站的站压比。
- 3.2.3 管道输气应合理利用气源压力。当采用增压输送时,应合

理选择压气站的站压比和站间距。当采用离心式压缩机增压输送时,站压比宜为 1.2~1.5,站间距不宜小于 100km。

3.2.4 压气站特性和管道特性应协调,在正常输气条件下,压缩机组应在高效区内工作。压缩机组的数量、选型、联接方式,应在经济运行范围内,并满足工艺设计参数和运行工况变化的要求。

3.2.5 具有配气功能分输站的分输气体管线宜设置气体的限量、限压设施。

3.2.6 输气管道首站和气体接收站的进气管线应设置气质监测设施。

3.2.7 输气管道的强度设计应满足运行工况变化的要求。

3.2.8 输气站应设置越站旁通。进、出站管线必须设置截断阀。截断阀的位置应与工艺装置区保持一定距离,确保在紧急情况下便于接近和操作。截断阀应当具备手动操作的功能。

3.3 工艺计算与分析

3.3.1 输气管道工艺设计应具备下列资料

- 1 管输气体的组成。
- 2 气源的数量、位置、供气量及其可调范围。
- 3 气源的压力及其可调范围、压力递减速度及上限压力延续时间。
- 4 沿线用户对供气压力、供气量及其变化的要求。当要求利用管道储气调峰时,应具备用户的用气特性曲线和数据。
- 5 沿线自然环境条件和管道埋设处地温。

3.3.2 输气管道应按下列公式进行水力计算:

- 1 当输气管道纵断面的相对高差 $\Delta h \leq 200\text{m}$ 且不考虑高差影响时,应按下式计算:

$$q_v = 1051 \left[\frac{(P_1^2 - P_2^2) d^5}{\lambda Z \Delta T L} \right]^{0.5} \quad (3.3.2-1)$$

式中 q_v ——气体($P_0=0.101325\text{MPa}$, $T=293\text{K}$)的流量(m^3/d);

P_1 ——输气管道计算段的起点压力(绝)(MPa);

P_2 ——输气管道计算段的终点压力(绝)(MPa);

d ——输气管道内直径(cm);

λ ——水力摩阻系数;

Z ——气体的压缩因子;

Δ ——气体的相对密度;

T ——输气管道内气体的平均温度(K);

L ——输气管道计算段的长度(km)。

2 当考虑输气管道纵断面的相对高差影响时,应按下式计算:

$$q_v = 1051 \left\{ \frac{[P_1^2 - P_2^2(1 + a\Delta h)]d^5}{\lambda Z \Delta T L \left[1 + \frac{a}{2L} \sum_{i=1}^n (h_i + h_{i-1})L_i \right]} \right\}^{0.5} \quad (3.3.2-2)$$

$$a = \frac{2g\Delta}{ZR_s T} \quad (3.3.2-3)$$

式中 a ——系数(m^{-1});

R_s ——空气的气体常数,在标准状况下($P_0 = 0.101325MPa$,
 $T = 293K$), $R_s = 287.1m^2/(s^2 \cdot K)$;

Δh ——输气管道计算段的终点对计算段起点的标高差(m);

n ——输气管道沿线计算分管段数。计算分管段的划分是沿输气管道走向,从起点开始,当其中相对高差 $\leq 200m$ 时划作一个计算分管段;

h_i ——各计算分管段终点的标高(m);

h_{i-1} ——各计算分管段起点的标高(m);

L_i ——各计算分管段的长度(km);

g ——重力加速度, $g = 9.81m/s^2$ 。

3 水力摩阻系数宜按下式计算:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2.01 \lg \left[\frac{K}{3.71d} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right] \quad (3.3.2-4)$$

式中 λ ——水力摩阻系数；

K ——钢管内壁等效绝对粗糙度(m)；

d ——管内径(m)；

Re ——雷诺数。

注：当输气管道工艺计算采用手算时，宜采用附录 A 公式。

3.3.3 输气管道沿线任意点的温度应按下列公式计算：

1 当不考虑节流效应时，按下式计算：

$$t_x = t_0 + (t_1 - t_0)e^{-\alpha x} \quad (3.3.3-1)$$

式中 t_x ——输气管道沿线任意点的气体温度(℃)；

t_0 ——输气管道埋设处的土壤温度(℃)；

t_1 ——输气管道计算段起点的气体温度(℃)；

e ——自然对数底数，宜按 2.718 取值；

x ——输气管道计算段起点至沿线任意点的长度(km)；

α ——系数，

$$\alpha = \frac{225.256 \times 10^5 KD}{q_v \Delta c_p} \quad (3.3.3-2)$$

式中 K ——输气管道中气体到土壤的总传热系数(W/m²·K)；

D ——输气管道外直径(m)；

q_v ——输气管道中气体($P_0 = 101325\text{MPa}$, $T = 293\text{K}$)的流量(m³/d)；

Δ ——气体的相对密度；

c_p ——气体的定压比热(J/kg·K)。

2 当考虑节流效应时，应按下式计算：

$$t_x = t_0 + (t_1 - t_0)e^{-\alpha x} - \frac{j \Delta P_x}{\alpha x} (1 - e^{-\alpha x}) \quad (3.3.3-3)$$

式中 j ——焦耳-汤姆逊效应系数(℃/MPa)；

ΔP_x —— x 长度管段的压降(MPa)。

3.3.4 根据工程的实际需求，可对输气管道系统进行稳态和动态模拟计算，确定在不同工况条件下压气站的数量、增压比、压缩机

计算功率和动力燃料消耗,管道系统各节点流量、压力、温度和管道的储气量等。根据系统分析需要,可按小时或天确定计算时间段。

3.3.5 稳态和动态模拟的计算软件应经工程实践验证。

3.4 输气管道的安全泄放

3.4.1 输气站应在进站截断阀上游和出站截断阀下游设置泄压放空设施。

3.4.2 输气干线截断阀上下游均应设置放空管。放空管应能迅速放空两截断阀之间管段内的气体。放空阀直径与放空管直径应相等。

3.4.3 输气站存在超压可能的受压设备和容器,应设置安全阀。安全阀泄放的气体可引入同级压力的放空管线。

3.4.4 安全阀的定压应小于或等于受压设备和容器的设计压力。安全阀的定压(P_0)应根据管道最大允许操作压力(P)确定,并应符合下列要求:

- 1 当 $P \leq 1.8\text{MPa}$ 时, $P_0 = P + 0.18\text{MPa}$;
- 2 当 $1.8\text{MPa} < P \leq 7.5\text{MPa}$ 时, $P_0 = 1.1P$;
- 3 当 $P > 7.5\text{MPa}$ 时, $P_0 = 1.05P$ 。

3.4.5 安全阀泄放管直径应按下列要求计算:

1 单个安全阀的泄放管直径,应按背压不大于该阀泄放压力的 10% 确定,但不应小于安全阀的出口直径;

2 连接多个安全阀的泄放管直径,应按所有安全阀同时泄放时产生的背压不大于其中任何一个安全阀的泄放压力的 10% 确定,且泄放管截面积不应小于各安全阀泄放支管截面积之和。

3.4.6 放空气体应经放空竖管排入大气,并应符合环境保护和安全防火要求。

3.4.7 输气干线放空竖管应设置在不致发生火灾危险和危害居民健康的地方。其高度应比附近建(构)筑物高出 2m 以上,且总

高度不应小于 10m。

3.4.8 输气站放空竖管应设在围墙外,与站场及其他建(构)筑物的距离应符合现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183的规定。其高度应比附近建(构)筑物高出 2m 以上,且总高度不应小于 10m。

3.4.9 放空竖管的设置应符合下列规定:

- 1 放空竖管直径应满足最大的放空量要求。
- 2 严禁在放空竖管顶端装设弯管。
- 3 放空竖管底部弯管和相连接的水平放空引出管必须埋地;弯管前的水平埋设直管段必须进行锚固。
- 4 放空竖管应有稳管加固措施。

www.egor.cn

4 线 路

4.1 线路选择

4.1.1 线路的选择应符合下列要求：

1 线路走向应根据地形、工程地质、沿线主要进气、供气点的地理位置以及交通运输、动力等条件，经多方案对比后确定。

2 线路宜避开多年生经济作物区域和重要的农田基本建设设施。

3 大中型河流穿(跨)越工程和压气站位置的选择，应符合线路总走向。局部走向应根据大、中型穿(跨)越工程和压气站的位置进行调整。

4 线路必须避开重要的军事设施、易燃易爆仓库、国家重点文物保护区。

5 线路应避开城镇规划区、飞机场、铁路车站、海(河)港码头、国家级自然保护区等区域。当受条件限制管道需要在上述区域内通过时，必须征得主管部门同意，并采取安全保护措施。

6 除管道专用公路的隧道、桥梁外，线路严禁通过铁路或公路的隧道、桥梁、铁路编组站、大型车站和变电所。

4.1.2 输气管道宜避开不良工程地质地段。当避开确有困难时，对下述地段应选择合适的工程方式和方式通过：

1 对规模不大的滑坡，经处理后，能保证滑坡体稳定的地段，可选择适当部位以跨越方式或浅埋通过。管道通过岩堆时，应对其稳定性做出判定，并采取相应措施。

2 对沼泽或软土地段应根据其范围、土层厚度、地形、地下水位、取土等条件确定通过的地段。

3 管道宜避开泥石流地段，若不能避开时应根据实际地形和

地质条件选择合理的通过方式。

4 对深而窄的冲沟,宜采用跨越通过。对冲沟浅而宽,沉积物较稳定的地段,宜采用埋设方式通过。

5 管道通过海滩、沙漠地段时,应对其稳定性进行推断,并采取相应的稳管防护措施。

6 在地震动峰值加速度等于或大于 $0.1g$ 的地区,管道宜从断层位移较小和较窄的地区通过,并应采取必要的工程措施。

管道不宜敷设在由于发生地震而可能引起滑坡、山崩、地陷、地裂、泥石流以及沙土液化等地段。

4.2 地区等级划分

4.2.1 输气管道通过的地区,应按沿线居民户数和(或)建筑物的密集程度,划分为四个地区等级,并依据地区等级做出相应的管道设计。

4.2.2 地区等级划分应符合下列规定:

1 沿管道中心线两侧各 200m 范围内,任意划分成长度为 2km 并能包括最大聚居户数的若干地段,按每段内的户数划分为四个等级。在农村人口聚集的村庄、大院、住宅楼,应以每一独立户作为一个供人居住的建筑物计。

1)一级地区:户数在 15 户或以下的区段;

2)二级地区:户数在 15 户以上、100 户以下的区段;

3)三级地区:户数在 100 户或以上的区段,包括市郊居住区、商业区、工业区、发展区以及不够四级地区条件的人口稠密区;

4)四级地区:系指四层及四层以上楼房(不计地下室层数)普遍集中、交通频繁、地下设施多的区段。

2 当划分地区等级边界线时,边界线距最近一幢建筑物外边缘应大于或等于 200m。

3 在一、二级地区内的学校、医院以及其他公共场所等人群

聚集的地方,应按三级地区选取设计系数。

4 当一个地区的发展规划,足以改变该地区的现有等级时,应按发展规划划分地区等级。

4.2.3 输气管道的强度设计系数应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 强度设计系数

地区等级	强度设计系数 F
一级地区	0.72
二级地区	0.6
三级地区	0.5
四级地区	0.4

4.2.4 穿越铁路、公路和人群聚集场所的管段以及输气站内管道的强度设计系数,应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 穿越铁路、公路及输气站内管道的强度设计系数

管道及管段	地区等级			
	一	二	三	四
	强度设计系数 F			
有套管穿越三、四级公路的管道	0.7	0.6	0.5	0.4
无套管穿越三、四级公路的管道	0.5	0.5	0.5	0.4
有套管穿越一、二级公路、高速公路、铁路的管道	0.6	0.6	0.5	0.4
输气站内管道及其上、下游各 200m 管道, 调压室管道及其上、下游各 50m 管道 (其距离从输气站和调压室边界线起算)	0.5	0.5	0.5	0.4
人群聚集场所的管道	0.5	0.5	0.5	0.4

4.3 管道敷设

4.3.1 输气管道应采用埋地方式敷设,特殊地段也可采用土堤、地面等形式敷设。

4.3.2 埋地管道覆土层最小厚度应符合表 4.3.2 的规定。在不能满足要求的覆土厚度或外荷载过大、外部作业可能危及管道之

处,均应采取保护措施。

表 4.3.2 最小覆土层厚度(m)

地区等级	土壤类		岩石类
	旱地	水田	
一级	0.6	0.8	0.5
二级	0.6	0.8	0.5
三级	0.8	0.8	0.5
四级	0.8	0.8	0.5

注:1 对需平整的地段应按平整后的标高计算;

2 覆土层厚度应从管顶算起。

4.3.3 管沟边坡坡度应根据土壤类别和物理力学性质(如粘聚力、内摩擦角、湿度、容重等)确定。当无上述土壤的物理性质资料时,对土壤构造均匀、无地下水、水文地质条件良好、深度不大于5m且不加支撑的管沟,其边坡可按表4.3.3确定。深度超过5m的管沟,可将边坡放缓或加筑平台。

表 4.3.3 深度在5m以内管沟最陡边坡坡度

土壤类别	最陡边坡坡度		
	坡顶无载荷	坡顶有静载荷	坡顶有动载荷
中密的沙土	1 : 1.00	1 : 1.25	1 : 1.5
中密的碎石类土 (充填物为沙土)	1 : 0.75	1 : 1.00	1 : 1.25
硬塑的粉土	1 : 0.67	1 : 0.75	1 : 1.00
中密的碎石类土 (充填物为粘性土)	1 : 0.5	1 : 0.67	1 : 0.75
硬塑的粉质粘土、粘土	1 : 0.33	1 : 0.50	1 : 0.67
老黄土	1 : 0.10	1 : 0.25	1 : 0.33
软土(经井点降水)	1 : 1.00	—	—
硬质岩	1 : 0	1 : 0	1 : 0

注:静荷载系指堆土或料堆等,动荷载系指有机械挖土、吊管机和推土机作业。

4.3.4 管沟宽度应符合下列规定：

1 管沟沟底宽度应根据管道外径、开挖方式、组装焊接工艺及工程地质等因素确定。深度在 5m 以内时，沟底宽度应按式确定：

$$B = D + K \quad (4.3.4)$$

式中 B ——沟底宽度(m)；

D ——管子外径(m)；

K ——沟底加宽裕量(m)，按表 4.3.4 确定。

表 4.3.4 沟底加宽裕量(m)

条件因素		沟上焊接				沟下手工电弧焊接			沟下半自动焊接处管沟	沟下焊接弯头、弯管及碰口处管沟
		土质管沟		岩石爆破管沟	弯头、冷弯管处管沟	土质管沟		岩石爆破管沟		
		沟中有水	沟中无水			沟中有水	沟中无水			
K 值	沟深 3m 以内	0.7	0.5	0.9	1.5	1.0	0.8	0.9	1.6	2.0
	沟深 3~5m	0.9	0.7	1.1	1.5	1.2	1.0	1.1	1.6	2.0

注：1 当采用机械开挖管沟时，计算的沟底宽度大于挖斗宽度时，沟底宽度按挖斗宽度计算；

2 沟下焊接弯头、弯管、碰口以及手工电弧焊接处的管沟加宽范围为工作面两边各 1m。

2 当管沟需加支撑，决定底宽时，应计入支撑结构的厚度。

3 当管沟深度大于 5m 时，应根据土壤类别及物理力学性质确定沟底宽度。

4.3.5 岩石、砾石区的管沟，沟底应比土壤区管沟深挖 0.2m，并用细土或砂将深挖部分垫平后方可下管。管沟回填时，应先用细土回填至管顶以上 0.3m，方可用土、砂或粒径小于 100mm 碎石回填并压实。管沟回填土应高出地面 0.3m。

4.3.6 输气管道出土端及弯头两侧，回填时应分层夯实。

4.3.7 当管沟纵坡较大时,应根据土壤性质,采取防止回填土下滑措施。

4.3.8 在沼泽、水网(含水田)地区的管道,当覆土层不足以克服管子浮力时,应采取稳管措施。

4.3.9 当输气管道采用土堤埋设时,土堤高度和顶部宽度,应根据地形、工程地质、水文地质、土壤类别及性质确定,并应符合下列规定:

1 管道在土堤中的覆土厚度不应小于 0.6m;土堤顶部宽度应大于管道直径两倍且不得小于 0.5m。

2 土堤的边坡坡度,应根据土壤类别和土堤的高度确定。管底以下粘性土土堤,压实系数宜为 0.94~0.97。堤高小于 2m 时,边坡坡度宜采用 1:0.75~1:1;堤高为 2~5m 时,宜采用 1:1.25~1:1.5。土堤受水浸淹没部分的边坡,宜采用 1:2 的坡度。

3 位于斜坡上的土堤,应进行稳定性计算。当自然地面坡度大于 20%时,应采取防止填土沿坡面滑动的措施。

4 当土堤阻碍地表水或地下水泄流时应设置泄水设施。泄水能力根据地形和汇水量按防洪标准重现期为 25 年一遇的洪水量设计;并应采取防止水流对土堤冲刷的措施。

5 土堤的回填土,其透水性应与相近。

6 沿土堤基底表面的植被应清除干净。

4.3.10 输气管道通过人工或天然障碍物(水域、冲沟、铁路、公路等)时应遵循国家现行标准《原油和天然气输送管道穿跨越工程设计规范》SY/T 0015 的规定。

4.3.11 当埋地输气管道与其他管道、通信电缆平行敷设时,其间距应符合国家现行标准《钢质管道及储罐腐蚀控制工程设计规范》SY 0007 的有关规定。

4.3.12 埋地输气管道与其他管道、电力、通信电缆的间距应符合下列规定:

1 输气管道与其他管道交叉时,其垂直净距不应小于 0.3m。当小于 0.3m 时,两管间应设置坚固的绝缘隔离物;管道在交叉点两侧各延伸 10m 以上的管段,应采用相应的最高绝缘等级。

2 管道与电力、通信电缆交叉时,其垂直净距不应小于 0.5m。交叉点两侧各延伸 10m 以上的管段,应采用相应的最高绝缘等级。

4.3.13 用于改变管道走向的弯头、弯管应符合下列要求:

1 弯头的曲率半径应大于或等于外直径的 4 倍,并应满足清管器或检测仪器能顺利通过的要求。

2 现场冷弯弯管的最小曲率半径应符合表 4.3.13 的规定。

表 4.3.13 现场冷弯弯管的最小曲率半径

公称直径 $DN(\text{mm})$	最小曲率半径 R_{min}
≤ 300	$18D$
350	$21D$
400	$24D$
450	$27D$
≥ 500	$30D$

3 弯管和弯头的任何部位不得有裂纹和其他机械损伤,其两端的椭圆度应小于或等于 2.0%;其他部位的椭圆度不应大于 2.5%。

4 弯管上的环向焊缝应进行射线检查。

4.3.14 输气管道采用弹性敷设时应符合下列规定:

1 弹性敷设管道与机器的反向弹性弯曲管段之间及弹性弯曲管段和人工弯管之间,应采用直管段连接;直管段长度不应小于管子外径值,且不应小于 500mm。

2 弹性敷设管道的曲率半径应满足管子强度要求,且不得小于钢管外直径的 1000 倍。垂直面上弹性敷设管道的曲率半径尚应大于管子在自重作用下产生的挠度曲线的曲率半径,其曲率半径应按下式计算:

$$R \geq 3600 \sqrt[3]{\frac{1 - \cos \frac{\alpha}{2}}{\alpha^4}} D^2 \quad (4.3.14)$$

式中 R ——管道弹性弯曲曲率半径(m);

D ——管道的外径(cm);

α ——管道的转角(°)。

4.3.15 弯头和弯管不得使用褶皱弯或虾米弯。管子对接偏差不得大于 3° 。

4.3.16 输气管道防腐蚀设计必须符合国家现行标准《钢质管道及储罐腐蚀控制工程设计规范》SY 0007 和《埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范》SY/T 0036 的有关规定。

4.4 截断阀的设置

4.4.1 输气管道应设置线路截断阀。截断阀位置应选择在交通方便、地形开阔、地势较高的地方。截断阀最大间距应符合下列规定：

以一级地区为主的管段不宜大于 32km;

以二级地区为主的管段不大于 24km;

以三级地区为主的管段不大于 16km;

以四级地区为主的管段不大于 8km。

上述规定的阀门间距可以稍作调整,使阀门安装在更容易接近的地方。

4.4.2 截断阀可采用电动或手动阀门,并应能通过清管器或检测仪器。

4.5 线路构筑物

4.5.1 管道通过土(石)坎、陡坡、冲沟、蝼蛄、沟渠等特殊地段时,应根据当地自然条件,因地制宜设置保护管道、防止水土流失的构筑物。

4.5.2 埋设管道的边坡或土体不稳定时应设置挡土墙。挡土墙应设置在稳定地层上。

1 挡土墙应设置泄水孔,其间距宜取 2~3m,外斜 5%,孔眼尺寸不宜小于 100mm×100mm。墙后应做好滤水层和必要的排水盲沟,当墙后有山坡时,还应在坡下设置截水沟。墙后填土宜选择透水性较强的填料。在季节性冻土地区,墙后填土应选用非冻胀性填料(如炉渣、碎石、粗砂等)。挡土墙应每隔 10~20m 设置伸缩缝。遇有侵蚀性水或严寒地区,挡土墙必须进行防腐、防水处理。

2 计算挡土墙土压力时,应按照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。

4.5.3 管道通过易受水流冲刷的河(沟)岸时应采取护岸措施。护岸设计应遵循以下原则:

1 护岸工程设计应符合防洪及河务管理的有关法规。
2 护岸工程必须保证水流顺畅,不得冲、淘穿越管段及支墩。
3 护岸工程应因地制宜、就地取材,根据水流及冲刷程度,采用抛石护岸、石笼护岸、浆砌或干砌块石护岸、堆砌土或钢筋混凝土护岸等措施。

4 护岸宽度应根据实际水文及地质条件确定,但不得小于 5m。护岸顶高出设计洪水位(含浪高、壅水高)不得小于 0.5m。

4.5.4 管道通过较大的陡坡地段,及管道受温度变化的影响,将产生较大下滑力或推力时,宜设置管道锚固墩:

1 锚固墩一般由混凝土或钢筋混凝土现浇,基础底部埋深不宜小于 1.5m;

2 锚固墩周围的回填土必须分层夯实,干容重不得小于 16kN/m³;

3 管道与锚固墩的接触面应有良好的电绝缘。

4.6 标 志

4.6.1 输气管道沿线应设置里程桩、转角桩、交叉和警示牌等永

久性标志。

4.6.2 里程桩应沿气流前进方向左侧从管道起点至终点,每公里连续设置。阴极保护测试桩可同里程桩结合设置。

4.6.3 埋地管道与公路、铁路、河流和地下构筑物的交叉处两侧应设置标志桩(牌)。

4.6.4 对易于遭到车辆碰撞和人畜破坏的管段,应设置警示牌,并应采取保护措施。

www.egor.cn

5 管道和管道附件的结构设计

5.1 管道强度和稳定计算

5.1.1 管道强度计算应符合下列原则：

1 埋地管道强度设计应根据管段所处地区等级以及所承受可变荷载和永久荷载而定。当管道通过地震动峰值加速度等于或大于 $0.1g$ 的地区时，应按国家现行标准《输油(气)钢质管道抗震设计规范》SY/T 0450 对管道在地震作用下的强度进行校核。

2 埋地直管段的轴向应力与环向应力组合的当量应力，应小于管子的最小屈服强度的 90%。管道附件的设计强度不应小于相连直管段的设计强度。

3 输气管道采用的钢管符合本规范第 5.2.2 条规定时，焊缝系数值应取 1.0。

5.1.2 输气管道强度计算应符合下列规定：

1 直管段管壁厚度应按下列公式计算(计算所得的管壁厚度应向上圆整至钢管的壁厚 δ_0)：

$$\delta = \frac{PD}{2\sigma_s \varphi} \quad (5.1.2)$$

式中 δ ——钢管计算壁厚(cm)；

P ——设计压力(MPa)；

D ——钢管外径(mm)；

σ_s ——钢管的最小屈服强度(MPa)；

F ——强度设计系数，按表 4.2.3 和表 4.2.4 选取；

φ ——焊缝系数；

t ——温度折减系数。当温度小于 120°C 时， t 值取 1.0。

2 受约束的埋地直管段轴向应力计算和当量应力校核，应按

本规范附录 B 的公式计算。

3 当温度变化较大时,应作热胀应力计算。必要时应采取限制热胀位移的措施。

4 受内压和温差共同作用下弯头的组合应力,应按本规范附录 C 的公式计算。

5.1.3 输气管道的最小管壁厚度应符合表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 最小管壁厚度(mm)

钢管公称直径	最小壁厚	钢管公称直径	最小壁厚
100、150	2.5	600、650、700	6.5
200	3.5	750、800、850、900	6.5
250	4.0	950、1000	8.0
300	4.5	1050、1100、1150、1200	9.0
350、400、450	5.0	1300、1400	11.5
500、550	6.0	1500、1600	13.0

5.1.4 输气管道径向稳定校核应符合下列表式的要求,当管道埋设较深或外荷载较大时,应按无内压状态校核其稳定性:

$$\Delta x \leq 0.03L \quad (5.1.4-1)$$

$$\Delta x = \frac{K \cdot (1 + \mu_m)}{8EI + 0.061E_s D_m^3} \quad (5.1.4-2)$$

$$K = W_1 + W_2 \quad (5.1.4-3)$$

$$I = \delta_n^3 / 12 \quad (5.1.4-4)$$

式中 Δx ——钢管水平方向最大变形量(m);

D_m ——钢管平均直径(m);

W ——作用在单位管长上的总竖向荷载(N/m);

W_1 ——单位管长上的竖向永久荷载(N/m);

W_2 ——地面可变荷载传递到管道上的荷载(N/m);

Z ——钢管变形滞后系数,宜取 1.5;

K ——基床系数,宜按本规范附录 D 的规定选取;

E ——钢材弹性模量(N/m^2);

I ——单位管长截面惯性矩(m^4/m);

δ_0 ——钢管壁厚(m);

E_s ——土壤变形模量(N/m^2), E_s 值应采用现场实测数。

当无实测资料时,可按本规范附录 D 的规定选取。

5.1.5 曾采用冷加工使其符合规定的最小屈服强度的钢管,以后又将其不限时间加热到高于 480°C 或高于 320°C 超过 1h(焊接除外),该钢管允许承受的最高压力,不得超过按式(5.1.2)计算值的 75%。

5.2 材 料

5.2.1 输气管道所用钢管、管道附件的选择,应根据使用压力、温度、介质特性、使用地区等因素,经技术经济比较后确定。采用的钢管和钢材,应具有良好的韧性和焊接性能。

5.2.2 输气管道凡选用国产钢管,其规格与材料性能应符合现行国家标准《石油天然气工业输送钢管交货技术条件》GB/T 9711、《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163、《高压锅炉用无缝钢管》GB 5310、《化肥设备用高压无缝钢管》GB 6479 的有关规定。

5.2.3 输气管道所采用钢管和管道附件应根据强度等级、管径、壁厚、焊接方式及使用环境温度等因素对材料提出韧性要求。

5.2.4 钢管表面的凿痕、槽痕、刻痕和凹痕等有害缺陷应按下列要求处理:

1 钢管在运输、安装或修理中造成壁厚减薄时,管壁上任一点的厚度不应小于按式(5.1.2)计算确定的钢管壁厚的 90%。

2 凿痕、槽痕应打磨光滑;对被电弧烧痕所造成的“冶金学上的刻痕”应打磨掉。打磨后的管壁厚度小于本规范第 5.2.4 条 1 款的规定时,应将管子受损部分整段切除,严禁嵌补。

3 在纵向或环向焊缝处影响钢管曲率的凹痕均应去除。其他部位的凹痕深度,当钢管公称直径小于或等于 300mm 时,不应大于 6mm;当钢管公称直径大于 300mm 时,不应大于钢管公称直径的 2%。当凹痕深度不符合要求时,应将管子受损部分整段切除,严禁嵌补或将凹痕敲扁。

5.3 管道附件

5.3.1 管道附件应符合下列规定:

1 管道附件严禁使用铸铁件。

2 管件的制作应符合国家现行标准《钢板制对焊管件》GB/T 13401、《钢制对焊无缝管件》GB 12459、《钢制对焊管件》SY/T 0510 的规定。

3 清管器收发筒、汇管、组合件的制作参照执行现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的规定。

4 当管道附件与管道采用焊接连接时,两者材质应相同或相近。

5 承受较大疲劳荷载的弯管,不得采用手工电弧焊接钢管制作。

6 进行现场强度试验时,不应发生泄漏、破坏、塑性变形。

5.3.2 管道附件与没有轴向约束的管道连接时,应按本规范附录 E 规定的方法进行承受热膨胀的强度校核。

5.3.3 弯头和弯管的管壁厚度按下式计算:

$$\delta_b = \delta m \quad (5.3.3-1)$$

$$m = \frac{4R - D}{4R - 2D} \quad (5.3.3-2)$$

式中 δ_b ——弯头或弯管的管壁计算厚度(mm);

δ ——弯头或弯管所连接的直管段管壁计算厚度(mm);

m ——弯头或弯管的管壁厚度增大系数;

R ——弯头或弯管的曲率半径(mm);

D ——弯头或弯管的外直径(mm)。

- 5.3.4** 直接在主管上开孔与支管连接或自制三通,其开孔削弱部分可按等面积补强,其结构和计算方法应符合本规范附录 F 的规定。当支管的公称直径小于或等于 50mm 时,可不补强。当支管外径大于或等于 $1/2$ 主管内径时,宜采用标准三通件或焊接三通件。
- 5.3.5** 异径接头可采用带折边或不带折边的两种结构形式,其强度设计应符合现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的有关规定。
- 5.3.6** 管封头可采用凸形封头或平封头,其结构、尺寸和强度应符合现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的有关规定。
- 5.3.7** 管法兰的选用应符合国家现行标准的规定。法兰密封垫片和紧固件,应与法兰配套选用。绝缘法兰、绝缘接头的设计应符合国家现行标准《绝缘法兰设计技术规定》SY/T 0516 的规定。
- 5.3.8** 汇管和清管器收发筒,应由具有制造压力容器相应等级资格的工厂制作。
- 5.3.9** 在防火区内关键部位使用的阀门,应具有耐火性能。
- 5.3.10** 需要通过清管器和检测仪器的阀门,应选用全通径阀门。

www.Egas.cn

6 输 气 站

6.1 输气站设置原则

6.1.1 输气站的设置应符合线路走向和输气工艺设计的要求,各类输气站宜联合建设。

6.1.2 输气站位置选择应符合下列要求:

- 1 地势平缓、开阔。
- 2 供电、给水排水、生活及交通方便。
- 3 应避开山洪、滑坡等不良工程地质地段及其他不宜设站的地方。
- 4 与附近工业、企业、仓库、铁路车站及其他公用设施的安全距离应符合现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183的有关规定。

6.1.3 输气站内平面布置、防火安全、场内道路交通及与外界公路的连接应符合国家现行标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183、《建筑设计防火规范》GB 50016、《石油天然气工程总图设计规范》SY/T 0048 的有关规定。

6.2 调压及计量设计

6.2.1 输气站内调压、计量工艺设计应符合输气工艺设计要求,并应满足生产运行和检修需要。

6.2.2 调压装置应设置在气源来气压力不稳定、且需控制进站压力的管线上。分输气及配气管线上以及需要对气体流量进行控制和调节的管段上,当计量装置之前安装有调压装置时,计量装置前的直管段设计应符合国家有关标准的规定。

6.2.3 在输气干线的进气、分输气、配气管线上以及站场自耗气

管线上应设置气体计量装置。

6.3 清管设计

6.3.1 清管设施宜设置在输气站内。

6.3.2 清管工艺应采用不停气密闭清管工艺流程。

6.3.3 清管器的通过指示器应安装在进出站的管段上,应按清管自动化操作的需要在站外管道上安装指示器,并应将指示信号传至站内。

6.3.4 清管器收发筒的结构应能满足通过清管器或检测器的要求。清管器收发筒和快开盲板的设计应符合国家现行标准《清管设备设计技术规定》SY/T 0533 和《快速开关盲板》SY/T 0556 的规定。

6.3.5 清管器收发筒上的快开盲板,不应正对距离小于或等于60m的居住区或建(构)筑物区。当受场地条件限制无法满足上述要求时,应采取相应安全措施。

6.3.6 清管作业清除的污物应进行收集处理,不得随意排放。

6.4 压缩机组的布置及厂房设计原则

6.4.1 压缩机组应根据工作环境及机组的要求,布置在露天或厂房内。在高寒地区或风沙地区,应用全封闭式厂房,其他地区宜采用敞开式或半敞开式厂房。

6.4.2 厂房内压缩机及辅助设备的布置,应根据机型、机组功率、外型尺寸、检修方式等因素按单层或双层布置,并应符合下列要求:

1 两台压缩机组的突出部分间距及压缩机组与墙的间距,应满足操作、检修的场地和通道要求;

2 压缩机组的布置应便于管线的安装;

3 压缩机基础应按照现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 进行设计,并采取相应的减振、隔振措施。

6.4.3 压气站内建(构)筑物的防火、防爆和噪声控制应按国家现行标准的有关规定进行设计。

6.4.4 压缩机房的每一操作层及其高出地面 3m 以上的操作平台(不包括单独的发动机平台),应至少有两个安全出口及通向地面的梯子。操作平台上的任意点沿通道中心线与安全出口之间的最大距离不得大于 25m。安全出口和通往安全地带的通道,必须畅通无阻。

6.4.5 压缩机房的建筑平面、空间布置应满足工艺流程、设备布置、设备安装和维修的要求。

6.4.6 压缩机房内,应视压缩机检修的需要配置供检修用的固定起重设备。当压缩机组布置在露天、敞开式厂房内或机组自带起吊设备时,可不设固定起重设备,但应设置移动式起重设备的吊装场地和行驶通道。

6.5 压气站工艺及辅助系统

6.5.1 压气站工艺流程设计应根据输气系统工艺要求,满足气体的除尘、分液、增压、冷却、越站、试运作业和机组的启动、停机、正常操作及安全保护等要求。在压气站的天然气进口段应设置分离过滤设备,处理后天然气应符合压缩天然气对气质的技术要求。

6.5.2 压气站内的总压降不宜大于 0.25MPa。

6.5.3 当压缩机出口气体温度高于下游设施、管道,以及管道敷设环境允许的最高操作温度,或为提高气体输送效率时,应设置冷却器。

6.5.4 每一台离心式压缩机组均应设天然气流量计量装置,以便进行防喘振控制。

6.5.5 燃机燃料气系统应符合下列要求:

- 1 燃料气管线应从压缩机进口截断阀前的总管中接出,并应装设减压和对单台机组的计量设备。

- 2 燃料气管线在进入压缩机厂房前及每台燃机前应装设截

断阀。

3 燃料气应满足燃机对气质的要求。

6.5.6 离心式压缩机组的油系统应符合下列要求：

1 润滑油、伺服油系统，均应由主油箱供油，且应分别自成系统。

2 机组润滑油系统的动力应由主润滑油泵、辅助润滑油泵和紧急润滑油泵构成。当润滑油泵采用气动马达时，冲动气马达的气体气质应符合设备制造厂的要求。辅助油泵的出油管应设单向阀。

6.5.7 采用注油润滑的往复式压缩机各级出口均应设分液设备，以防止润滑油进入输气管道。

6.5.8 冷却系统应符合下列要求：

1 气体冷却方式宜采用空冷。气体通过冷却器的压力损失不宜大于 0.07MPa。

2 往复式压缩机和燃气发动机气缸壁冷却水，宜采用密闭循环冷却。

3 冷却系统的布置应考虑与相邻散热设施的关系，避免相互干扰。

6.5.9 燃气轮机的启动宜采用电（液）马达或气动马达。当采用气动马达时，驱动气马达的气体气质及气体参数应符合设备制造厂的要求。

6.5.10 压缩机站设置压缩空气系统时，所提供的压缩空气应满足离心式压缩机、电机冷却通风、站内仪表用风及其他设施等对气质、压力的不同要求。

6.5.11 以燃气为动力的压缩机组应设置空气进气过滤系统，过滤后的气质应符合设备制造厂的要求。

6.5.12 以燃气为动力的压缩机组的废气排放口应高于新鲜空气进气系统的进气口，宜位于进气口当地最小风频上风向，废气排放口与新鲜空气进气口应保持足够的距离，避免废气重新吸入进气口。

6.6 压缩机组的选型及配置

6.6.1 压缩机组的选型和台数,应根据压气站的总流量、总压比、出站压力、气质等参数,结合机组备用方式,进行技术经济比较后确定。

6.6.2 压气站宜选用离心式压缩机。在站压比较高、输量较小时,可选用往复式压缩机。

6.6.3 同一压气站内的压缩机组,宜采用同一机型。

6.6.4 压缩机的原动机选型,应结合当地能源供给情况及环境条件,进行技术经济比较后确定。离心式压缩机宜采用燃气轮机或变频调速电机,往复式压缩机宜采用燃气发动机。

6.6.5 驱动设备所需的功率应与压缩机相匹配。驱动设备的现场功率应有适当裕量,能满足不同季节环境温度、不同海拔高度条件下的工况需求,能克服由于运行年限增长等原因可能引起的功率下降。压缩机的轴功率可按附录 G 公式计算。

6.6.6 压缩机的原动机为变频调速电机时,电动机的供配电设计应符合现行国家标准《通用用电设备配电设计规范》GB 50055 的规定。变频系统谐波对公用电网电能质量的影响应符合现行国家标准《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549 的规定。变频系统输入电机的谐波应符合现行国家标准《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549 的规定,否则应当选用专用变频电机。

6.7 压缩机组的安全保护

6.7.1 往复式压缩机出口与第一个截断阀之间应装设安全阀和放空阀;安全阀的泄放能力应不小于压缩机的最大排量。

6.7.2 每台压缩机组应设置下列安全保护装置:

- 1 压缩机气体进口应设置压力高限、低限报警和低限越限停机装置。

- 2 压缩机气体出口应设置压力高限、低限报警和高限越限停

机装置。

3 压缩机的原动机(除电动机外)应设置转速高限报警和超限停机装置。

4 启动气和燃料气管线应设置限流及超压保护设施。燃料气管线应设置停机或故障时的自动切断气源及排空设施。

5 压缩机组油系统应有报警和停机装置。

6 压缩机组应设置振动监控装置及振动高限报警、超限自动停机装置。

7 压缩机组应设置轴承温度及燃气轮机透平进口气体温度监控装置、温度高限报警、超限自动停机装置。

8 离心式压缩机应设置喘振检测及控制设施。

9 压缩机组的冷却系统应设置振动检测及超限自动停车装置。

10 压缩机组应设轴位移检测、报警及超限自动停机装置。

11 压缩机的干气密封系统应有泄放超限报警装置。

6.7.3 事故紧急停机时,压缩机进、出口阀应自动关闭,防喘振阀应开启,压缩机及其配管应泄压。

6.8 站内管线

6.8.1 站内所有油气管均应采用3及钢质管件。钢管材料应符合本规范第5.2节的有关规定。

6.8.2 机组的仪表、控制、取样、润滑油、离心式压缩机用密封气、燃料气等管道应采用不锈钢管及管件。

6.8.3 钢管强度及稳定性计算,应符合本规范第5.1节的有关规定。

6.8.4 站内管线安装设计应采用减小振动和热应力的措施。压缩机进、出口的配管对压缩机连接法兰所产生的应力应小于压缩机技术条件的允许值。

6.8.5 管线的连接方式除因安装需要采用螺纹或法兰连接外,均

应采用焊接。

6.8.6 管线应采用地上或埋地敷设,不宜采用管沟敷设。

6.8.7 管线穿越车行道时宜采用套管保护。

6.8.8 从站内分离设备至压缩机入口的管段应进行内壁清洗。

www.egor.cn

7 地下储气库地面设施

7.1 一般规定

- 7.1.1 地下储气库地面设施设计范围包括采、注气井井口至输气干管之间的工艺及相关辅助设施。
- 7.1.2 地下储气库地面设施的设计处理能力应根据地质结构的储、供气能力,按设计委托书或合同规定的季节调峰气量、日调峰气量或事故储备气量确定。
- 7.1.3 应选择经济合理的地下储气库调峰半径,地下储气库宜靠近负荷中心,调峰半径不宜大于 150km。
- 7.1.4 注气站、采气站宜合一建设,注气站、采气站宜靠近注采井。
- 7.1.5 注入气应满足地下储气库地面设备及地质构造对气质的要求。采出的外输气应满足本规范第 3.1.2 条对气质的要求。

7.2 地面工艺

- 7.2.1 注气工艺:
- 1 压缩机的进气管线上应设置分离过滤设备,处理后天然气应符合压缩机组对气质的技术要求。
 - 2 根据储气库地质设计要求,对注入的天然气宜采取除油措施。
 - 3 每口单井的注气量应进行计量。
 - 4 注气管线应设置高、低压安全截断阀。
- 7.2.2 采气工艺:
- 1 采气系统应有可靠的气液分离设备。采出气应有计量和气质分析设施。

- 2 采气系统应采取防止水合物形成的措施。
- 3 根据地下储气库类型的不同,经过技术经济比较,确定采出天然气的脱水、脱烃工艺流程。
- 4 采用节流方式控制水、烃露点的工艺装置,宜配置双套调压节流装置。调压装置宜采用降噪措施。
- 5 采气工艺应充分利用地层压力能。采、注气管线宜合一使用。采气、注气系统间应采取可靠的截断措施。
- 6 采气管线应设置高、低压安全截断阀。

7.3 设备选择

7.3.1 压缩机的选择应符合下列要求:

- 1 注气压缩机的选型、配置及工艺应符合本规范第 6 章的要求。
- 2 地下储气库注气压缩机应优先选择往复式压缩机。压缩机各级出口宜在冷却器前设置润滑油分离器。
- 3 注气压缩机的选型宜兼顾注气和采气。

7.3.2 空冷器的选择应符合下列要求:

- 1 采用燃气驱动注气压缩机的空冷器在发动机功率有富裕量时,宜采用燃气发动机驱动。
- 2 空冷器宜设置振动报警装置。
- 3 空冷器宜采用引风式空冷器。

7.4 辅助系统

7.4.1 地下储气库辅助系统应符合本规范第 8、9 章的规定。

7.4.2 地下储气库辅助系统应适应注采井、观察井的操作及监测要求。

8 监控与系统调度

8.1 一般规定

- 8.1.1 输气管道应设置测量、监视、控制设施。对复杂的管道工程,宜设置监控与数据采集系统。
- 8.1.2 输气管道的监控与数据采集系统应包括调度管理的主计算机系统,远程的被控站系统,数据通信系统。系统应为开放型网络结构,具有通用性、兼容性、可扩展性。
- 8.1.3 仪表选型及控制系统的选择,应根据输气管道特点、规模、发展规划、安全生产要求,经方案对比论证确定,选型宜统一。
- 8.1.4 监控与数据采集系统应具备高的可靠性及可用性指标,对易出现故障部位的仪表及控制设备应采用热备份。
- 8.1.5 控制系统设计应有利于生产运行和节能,减少管输气体的压力损失。

8.2 系统调度

- 8.2.1 输气管道监控与数据采集系统应符合下列规定:
- 1 宜提高纳入系统调度的可输气量比例。
 - 2 实时响应性能好,具有完善的优先级中断处理功能。
 - 3 人机对话应灵活,操作、维护方便。
 - 4 数据通信能力强,可靠性高,并应便于系统扩展、联网。
- 8.2.2 监控与数据采集系统应设调度控制中心,其设计应符合下列规定:
- 1 调度控制中心应设置在调度管理、通信联络、系统维修方便的地方。
 - 2 调度控制中心控制室设计应符合国家现行标准的有关规

定,并满足计算机系统的运行及操作要求。

3 主计算机系统及调度运行人机界面应采用双机热备用系统。

4 调度管理系统的主要功能应包括:

- 1)按预定的时间或赋予的访问方式,对每一个被控站进行扫描,对被控站的主要运行参数和状态进行实时显示、报警、存储、打印及记录;
- 2)向被控站发送远程控制指令和调节指令;
- 3)数据处理、分析及运行决策指导。

5 调度控制中心主计算机系统应配备操作系统软件、监控与数据采集系统软件、管道系统应用软件。

8.3 被 控 站

8.3.1 被控站宜采用以工业型微机和 PLC 组成的控制系统。

8.3.2 被控站应根据输气管道工艺设计要求布点,并应提供下列规定的功能:

- 1 执行调度控制中心下达的指令;
- 2 站系统运行参数巡回检测、监控,向调度控制中心发送主要运行参数及状态。
- 3 压缩机组及站场设备的程序控制、调节。
- 4 运行状态、流程、特性、参数的画面显示,报警、存储、打印及记录。
- 5 数据处理、操作运行及故障诊断指导。
- 6 站场安全防护系统监控。

8.3.3 被控站的控制系统应具有对压缩机组、工艺设备及辅助设施在控制室进行集中自动控制、就地自动控制和手动操作的功能。

8.3.4 站控系统应能适应离心压缩机组正常和变工况运行,保持压气站出站压力设定值;协调机组间的负荷分配,并对机组的下列功能进行监控:

1 机组的程序启停、辅助系统的程序控制以及机组运行相关阀门的安全联锁控制。

2 机组实时状态和工艺参数的监视。

3 接受调度控制中心指令进行控制、调节。

4 对本规范第 6.7.2 条规定的安全保护装置进行监视。

8.3.5 被控站紧急关闭系统(ESD)应符合下列要求：

1 压气站紧急关闭系统除在控制室内设置控制点外，还应在站内气区以外至少设有两个独立使用的操作点。操作点应设在靠近压气站站场进出口、安全和方便操作的地方，并应设明显标志。

2 紧急关闭系统应能快速地实施下列控制功能：

1) 进出站场阀门关闭，干线旁路阀门开启；

2) 站场内放空阀打开；

3) 运行机组停机并放空；

4) 切断燃料气供应并放空；

5) 切断除消防系统和应急电源以外的供电电源；

6) 启动自动灭火系统。

8.4 监 控

8.4.1 当设置监控与数据采集系统时，在进气站宜设置气质在线连续自动分析仪表、气质指标超限报警装置。

8.4.2 工艺操作过程的重要参数、确保安全生产运行的主要参数、工艺过程所需研究分析参数等应连续监视和记录。

8.4.3 压力系统运行时应符合下列规定：

1 应对进、出站的气体压力进行监控。

2 压力调节控制宜优先采取自力式调节控制方式。对连续供气的管线宜采取双回路或多回路并联的压力调节系统。

8.4.4 应对压气站的出站气体温度进行监控。

8.4.5 气体流量的监控应对供气量超限会导致管输系统失调的部位，采取有效的限流控制措施。

8.4.6 当供气压力超限会危及下游供气系统设施安全时,应设置可靠的安全装置系统。当可能的最高进口压力与允许最高出口压力之差大于 1.6MPa 和进出口压力之比大于 1.6 时,可选择下列措施:

1 每一回路串联安装 2 台安全截断设备;安全截断设备应具备快速关闭能力并提供可靠的截断密封。

2 每一回路安装 1 台安全截断设备和 1 台附加的压力调节控制设备。

3 每一回路安装 1 台安全截断设备和 1 台最大流量安全泄放设备。

8.5 通 信

8.5.1 输气管道工程的通信系统应根据生产运行、调度管理的要求设置,并应符合下列要求:

1 通信方式应根据输气管道运行的特点选择,并应符合监控及数据采集系统对数据传输的要求和发展需要。

2 数据传输通信系统应设备用通道。

3 通信站宜设置在管道沿线的各级输气管理单位内或站场内。

4 输气管道的调度管理电话、站间联络电话、行政电话(会议电话)、巡线和应急通信电话、图文传真、数据传输等通信业务,应根据输气工艺的要求设置。

8.5.2 电话设置应符合下列要求:

1 通信中心、调度控制中心及压气站宜设置电话总机,其他站场宜设与控制中心、相邻站及与相关单位联络的专用电话。

2 压气站内生产区、辅助生产区可设联络电话;在爆炸性危险区域范围内应设置防爆型通信设备;流动作业人员可采用便携式电话机。

8.5.3 输气管道事故抢修、管道巡回检查和维修的作业点,可配备移动通信设备。

9 辅助生产设施

9.1 供 配 电

9.1.1 输气站供电电源应从所在地区电力系统取得,当从所在地区取得电源不经济和不可靠时,可设置自备电源。自备电源宜利用管输气发电或经技术经济比较后认为可行的其他电源。

9.1.2 供电电压应根据所在地区供电系统的条件、输气站用电负荷、用电设备电压等级以及输电线路长度等因素经技术经济比较后确定。

9.1.3 输气站用电负荷等级的确定应符合下列规定:

1 采用电力作输气动力,以及采用其他动力驱动,但是对供电可靠性要求特别高的压气站,用电负荷宜为一级。

2 其他输气站用电负荷宜为二级。支线站场根据工程条件和需要可为三级。

9.1.4 输气站应设应急照明,其照度应能保证主要工作场所正常工作照明照度的10%。

9.1.5 控制、仪表、通信等设施的用电,当因停电会影响到输气站正常运行或可能导致事故时,应设应急供电设施。

9.1.6 输气站应按国家现行标准《石油设施电气装置场所分类》SY/T 0025 划定爆炸危险场所,并按爆炸危险场所等级选配电气设备和电气线路。

9.1.7 输气管道工程,防雷保护应符合下列规定:

1 输气管道工程的防雷分类及防雷措施,应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057,其中电力工程应按现行国家标准《过电压保护设计规范》GB 50064 的有关规定执行。

2 工艺装置区内露天布置的天然气钢制密闭设备、容器等必

须设防雷接地。当顶板厚度小于 4mm 时,应设避雷针(线)保护。当钢制顶板厚度等于或大于 4mm 时,可不设避雷针保护。

3 装于工艺装置设备上的各种电力和信息设备,其配线应采用金属铠装电缆、屏蔽电缆或钢管配线。信息设备的配电线路首、末端需与信息设备连接时,应设与信息设备耐压水平相适应的过电压保护(电涌保护)设备。配线电缆金属外层或配线钢管应至少在两端并宜在防雷分区分界处设等电位连接及接地。

4 输气站钢制放空竖管管顶可不设接闪器,但放空竖管底部(包括金属固定绳)应设集中接地装置。

9.1.8 消防设施的供配电应按现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183 和《石油化工企业设计防火规范》GB 50160的有关规定执行。

9.2 给水排水及消防

9.2.1 输气站给水水源应根据生产、生活、消防用水量 and 水质要求,结合当地水源条件及水文地质资料等因素综合比较确定。生产、生活及消防用水宜采用同一水源。

9.2.2 输气站总用水量应包括生产用水量、生活用水量、消防用水量(当设有安全水池可不计入)、绿化和浇洒道路用水量和未预见水量。未预见水量宜按最高用水量的 15%~25% 计算。

9.2.3 安全水池(罐)的设置应根据输气站用水量、供水系统的可靠程度确定。当需要设安全水池(罐)时,应符合下列规定:

1 应充分利用地形设置高位水池(罐);

2 安全水池(罐)的容积应根据生产所需的储备水量和消防用水量确定。生产生活储备水量宜按 8~24h 最高日平均时用水量计算;消防用水量按现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183 的规定计算。安全水池应有确保消防用水不作它用的技术设施。

9.2.4 给水水质应符合下列规定:

1 生产用水应符合输气工艺要求;生活用水应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749。当生产、生活用水采用同一给水系统供给时,其水质必须符合生活饮用水的水质标准。

2 循环冷却水的水质和处理应符合现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050 的有关规定。

3 当压缩机组等设备自身带有循环水冷却系统时,其冷却水水质应符合设备出厂规定给水水质要求。

9.2.5 输气站的外排污水应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 的要求。

9.2.6 输气站消防给水系统和设施的设置,应符合现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183 的有关规定。

9.3 采暖通风和空气调节

9.3.1 输气站的采暖通风和空气调节设计应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GBJ 19 的有关规定。

9.3.2 各类建筑物的冬季室内采暖计算温度应符合下列规定:

- 1 生产和辅助生产建筑物应按表 9.3.2 的规定执行。
- 2 有特殊要求的建筑物应按需要或相应的标准规定执行。

3 其他建筑物的冬季室内温度应符合现行国家标准《工业企业设计卫生标准》GBJ 36 的规定。

表 9.3.2 输气站生产和辅助生产建筑物冬季采暖室内计算温度

名 称	温 度(℃)
计量仪表室、控制室、值班室	16~18
各类泵房、压缩机房、通风机房	8~10
化验室	16~18
机、电、仪表修理间	16~18
消防车库	8
汽车库	5

9.3.3 输气站内有爆炸危险的场所,严禁使用明火采暖。

9.3.4 输气站内生产和辅助生产建筑物的通风设计应符合下列规定:

1 对散发有害物质或有爆炸危险气体的部位,应采取局部通风措施,使建筑物内的有害物质浓度符合现行国家标准《工业企业设计卫生标准》GBJ 36 的规定,并使气体浓度不高于其爆炸下限浓度的 20%。

2 对建筑物内大量散发热量的设备,应设置隔热设施。

3 对同时散发有害物质、气体和热量的建筑物,全面通风量应按消除有害物质、气体或余热其中所需最大的空气量计算。当建筑物内散发的有害物质、气体或热量不能确定时,全面通风的换气次数应符合下列规定:

1) 气体压缩机厂房的换气次数宜为 8 次/h;

2) 化学分析室的换气次数宜为 5 次/h。

9.3.5 输气站内可能突然散发大量有害或有爆炸危险气体的建筑物应设事故通风系统。事故通风量应根据工艺条件和可能发生的事故状态计算确定。当事故状态难于确定时,事故通风量应按每小时不小于房内容积的 8 次换气量确定。事故通风宜由正常使用的通风系统和事故排风系统共同承担。

9.3.6 气体压缩机厂房除按本规范第 9.3.4 条设计正常换气外,尚应另外设置保证每小时 8 次的事故排风设施。

9.3.7 对可能有气体积聚的地下、半地下建(构)筑物内,应设置固定的或移动的机械通风设施。

9.3.8 对于远离站场独立设置的地下或半地下建(构)筑物,当有可能积聚气体而又难以设置通风设施时,设计文件中应说明操作人员或维修人员进入该建(构)筑物应采取的安全保护措施。

9.3.9 当采用常规采暖通风设施不能满足生产过程、工艺设备或仪表对室内温度、湿度的要求时,可按实际需要设置空气调节装置。

10 焊接与检验、清管与试压、干燥

10.1 焊接与检验

10.1.1 本节对焊接组装和检验的要求,适用于输气管道和管道附件的现场焊接。

10.1.2 设计文件应标明输气管道和管道附件母材及焊接材料的规格、焊缝和焊接接头形式;对焊接方法、焊前预热、焊后热处理及焊接检验等均应提出明确要求。

10.1.3 施工单位在开工前应根据设计文件提出的钢种等级、焊接材料、焊接方法和焊接工艺等,进行焊接工艺评定,并根据焊接工艺评定结果编制焊接工艺规程。

焊接工艺规程和焊接工艺评定内容、试验方法应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB 50236的规定。

10.1.4 焊工应具有相应的资格证书。焊工操作考试应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB 50236的规定。

10.1.5 焊接材料的选用应根据被焊材料的机械性能、化学成分、焊前预热、焊后热处理以及使用条件等因素确定。

10.1.6 国产焊接材料应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117、《低合金钢焊条》GB/T 5118、《焊接用钢丝》GB 1300 等的有关规定。

10.1.7 焊缝的坡口形式和尺寸的设计,应能保证焊接接头质量和满足清管器通过的要求。对接焊缝接头可以采用单 V 形、X 形或其他形状的坡口。两个具有相等壁厚或两个壁厚不等的管段焊接接头形式应符合本规范附录 H 的规定。

10.1.8 焊件的预热和焊后热处理应符合下列规定：

1 预热和焊后热处理应根据管道材料的性能、焊件厚度、焊接条件以及气候条件等确定，应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB 50236 的规定。

2 当焊接两种具有不同预热要求的材料时，应以预热温度要求较高的材料为准。

3 对要求预热的焊件，在焊接过程中的层间温度，不应低于其预热温度。

4 对壁厚超过 32mm 以上碳钢，其焊缝应进行焊后热处理消除应力。

5 当焊接接头所连接的两端材质相同而厚度不同时，应力消除应以相接两部分中的较厚者确定。

6 材质不同的焊件之间的焊缝，当其中一种材料要求消除应力时，应进行应力消除。

7 焊件预热和焊后热处理应受热均匀，并在施焊和消除应力过程中保持规定的温度。加热带以外的部分应保温。

10.1.9 焊接质量的检验与试验应符合下列规定：

1 当管道环向应力大于或等于 20% 屈服强度时，其焊接接头应采用无损探伤法进行检验，或将上述的焊接接头割下后做破坏性试验。

2 焊接接头无损探伤检验应符合下列规定：

1) 所有焊接接头应进行全周长 100% 无损探伤检验。射线照相和超声波探伤是首选无损探伤检验方法。焊缝表面缺陷可进行磁粉或液体渗透检验。

2) 当采用超声波探伤仪对焊缝进行无损探伤检验时，应采用射线照相对所选取的焊缝全周长进行复验，其复验数量为每个焊工或流水作业焊工组当天完成的全部焊缝中任意选取不小于下列数目的焊缝进行：

一级地区中焊缝的 5%；

二级地区中焊缝的 10%；

三级地区中焊缝的 15%；

四级地区中焊缝的 20%。

- 3) 输气站内管道和穿跨越水域、公路、铁路的管道焊缝,弯头与直管段焊缝以及未经试压的管道碰口焊缝,均应进行 100%射线照相检验。

3 当射线照相复验时,如每天的焊口数量达不到上述复验比例要求时,可以以每公里为一个检验段,并按规定的比例数进行复验。

4 用手工超声波探伤检验的焊缝,其质量的验收标准应按现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB 11345 执行,Ⅰ级为合格。

5 用射线照相检验的焊缝,其质量的验收标准应按现行国家标准《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB 3323 执行,Ⅱ级为合格。

6 用破坏性试验检验的焊接接头,其取样、试验项目和方法、焊接质量要求应按现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB 50236 的规定执行。

7 管道焊前、焊接过程中、焊后检查、焊接缺陷的清除和返修、焊接工程交工检验记录、竣工验收要求等,应按现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB 50236 执行。

10.2 清管与试压

10.2.1 清管扫线应符合下列规定:

1 输气管道试压前应采用清管器进行清管,并不应少于两次。

2 清管扫线应设临时清管器收发设施和放空口,并不应使用站内设施。

10.2.2 输气管道试压应符合下列规定:

1 输气管道必须分段进行强度试验和整体严密性试验。试压管段应根据本规范第 4.2.2 条规定的地区等级并结合地形分段。

2 经试压合格的管段间相互连接的焊缝经射线照相检验合格,可不再进行试压。

3 输气站和穿(跨)越大中型河流、铁路、二级以上公路、高速公路的管段,应单独进行试压。

10.2.3 输气管道强度试验应符合下列规定:

1 试验介质:

1)位于一、二级地区的管段可采用气体或水作试验介质。

2)位于三、四级地区的管段及输气站内的工艺管道应采用水作试验介质。

3)当具备表 10.2.3 全部各项条件时,三、四级地区的管段及输气站内的工艺管道可采用空气试压。

表 10.2.3 三、四级地区的管段及输气站内的工艺管道空气试压条件

试压时最大环向应力		最大操作压力 不超过现场最大 试验压力的 80%	所试验的是新 管子,并且焊缝系 数为 1.0
三级地区	四级地区		
$<50\%\sigma_s$	$<40\%\sigma_s$		

2 用水作为试压介质时,每段自然高差应保证最低点管道环向应力不大于 $0.9\sigma_s$ 。水质为无腐蚀性洁净水。试压宜在环境温度 5°C 以上进行,否则应采取防冻措施。注水宜连续,排除管线内的气体。水试压合格后,必须将管段内积水清扫干净。

3 试验压力:

1)一级地区内的管段不应小于设计压力的 1.1 倍。

2)二级地区内的管段不应小于设计压力的 1.25 倍。

3)三级地区内的管段不应小于设计压力的 1.4 倍。

4)四级地区内的管段和输气站内的工艺管道不应小于设计压力的 1.5 倍。

4 试验的稳压时间不应少于 4h。

10.2.4 严密性试验应在强度试验合格后进行;用气体作为试验介质时,其试验压力应为设计压力并以稳压 24h 不泄漏为合格。

10.3 干 燥

10.3.1 输气管道试压、清管结束后宜进行干燥。可采用吸水性泡沫清管塞反复吸附、干燥气体(压缩空气或氮气等)吹扫、真空蒸发、注入甘醇类吸湿剂清洗等方法进行管内干燥。

10.3.2 管道干燥可采用上述一种或几种相结合的方法。干燥方法应因地制宜、技术可行、经济合理、方便操作、对环境的影响最小。

10.3.3 干燥验收:

1 当采用干燥气体吹扫时,可在管道末端配置水露点分析仪,干燥后排出气体水露点应连续 4h 比管道输送条件下最低环境温度至少低 5°C 、变化幅度不大于 3°C 为合格。

2 当采用真空法时,选用的真空表精度不小于 1 级,干燥后管道内气体水露点应连续 4h 低于 -20°C ,相当于 100Pa(绝)气压为合格。

3 当采用甘醇类吸湿剂时,干燥后管道末端排出甘醇含水量的质量百分比应小于 20% 为合格。

10.3.4 管道干燥结束后,如果有立即投入运行,宜充入干燥氮气,保持内压大于 $0.12\sim 0.5\text{MPa}$ (绝)的干燥状态下的密封,防止外界湿气重新进入管道,否则应重新进行干燥。

11 节能、环保、劳动安全卫生

11.1 节 能

11.1.1 工程设计必须遵循《中华人民共和国节约能源法》及国家其他现行标准的相关规定。

11.1.2 输气工艺设计应充分利用管输气体压力能,减少输气管道压损,提高管道输送效率,降低能量消耗。

11.1.3 输气工艺设计应减少管输气体放空。应选用结构密封性能好的管道附件、阀门和设备,避免管输气体的漏损。

11.1.4 应优化输气工艺方案,提高自控水平,降低能耗。

11.1.5 应选用新型高效节能的机、电、热设备和产品,严禁选用国家公布淘汰的产品。

11.1.6 选用燃气轮机作压缩机原动机时,根据环境条件,宜采用热电、热动联供系统;选用电动机为原动机时,根据需要,宜采用变频调速技术,以提高能源综合利用效率。

11.1.7 根据管道所经地区的自然环境条件,宜因地制宜利用太阳能、风能、地热能及其他可利用的新能源。

11.1.8 应充分利用自然采光和自然通风能力,积极采用新型节能建筑材料,降低建筑物能耗。

11.1.9 凡用油、气、水、电、汽时,均应安装计量仪表。

11.1.10 应当对工程设计进行综合能耗分析,包括综合能耗计算和单位能耗比较。

11.2 环 境 保 护

11.2.1 输气管道工程的设计应贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水土保持法》,应符合现行国家、地方和石油

天然气行业有关环境保护的规定。

11.2.2 输气管道线路和站址选择,应避开居民区、水源保护区、名胜古迹、风景游览区、自然保护区、重点保护的地下文物遗址等。对造成土壤、植被等原始地貌的破坏,应采取有效措施加以恢复。做好站场的绿化设计。

11.2.3 输气站排出的废水、废气及废渣等物质,应进行无害化处理或处置,并应符合下列要求:

1 污水外排时,应符合本规范第 9.2.5 条的规定。

2 废气外排时,应符合现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB 16297 的有关规定。

3 有害废弃物(渣、液)应经过妥善的预处理后进行填埋处理。

11.2.4 输气站噪声的防治应符合现行国家标准《工业企业厂界噪声标准》GB 12348 的有关规定。

11.3 劳动安全卫生

11.3.1 输气管道工程设计必须严格遵循《中华人民共和国安全生产法》、国家经贸委《石油天然气管道安全监督与管理规定》、劳动部《压力管道安全管理与监察规定》、《建设项目(工程)劳动安全卫生监察规定》及其他现行标准《石油天然气工业健康、安全与环境管理体系》SY/T 6276 等相关规定。

11.3.2 劳动安全卫生的设计应针对工程特点进行,主要包括下述内容:

1 确定建设项目(工程)主要危险、有害因素和职业危害。

2 对自然环境、工程建设和生产运行中的危险、有害因素、职业危害进行定性和定量分析。

3 提出相应切实可行、经济合理的劳动安全卫生对策和防护措施。

4 劳动安全卫生设施和费用。

附录 A 输气管道工艺计算

A. 0.1 当输气管道沿线的相对高差 $\Delta h \leq 200\text{m}$ 且不考虑高差影响时,采用下式计算:

$$q_v = 11522Ed^{2.53} \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{ZTL\Delta^{0.961}} \right]^{0.51} \quad (\text{A. 0.1})$$

式中 q_v ——气体($P_0=0.101325\text{MPa}$, $T=293\text{K}$)的流量(m^3/d);

d ——输气管内直径(cm);

P_1, P_2 ——输气管道计算管段起点和终点压力(绝)(MPa);

Z ——气体的压缩因子;

T ——气体的平均温度(K);

L ——输气管道计算管段的长度(km);

Δ ——气体的相对密度;

E ——输气管道的效率系数(当管道公称直径为 $\text{DN}300 \sim \text{DN}800\text{mm}$ 时, E 为 $0.8 \sim 0.9$; 当管道公称直径大于 $\text{DN}800\text{mm}$ 时, E 为 $0.91 \sim 0.94$);

A. 0.2 当考虑输气管道沿线的相对高差影响时,采用下式计算:

$$q_v = 11522Ed^{2.53} \left\{ \frac{P_1^2 - P_2^2 (1 + \alpha \Delta h)}{ZTL\Delta^{0.961} \left[1 + \frac{\alpha \Delta}{2T} \sum_{i=1}^n (h_i + h_{i+1}) L_i \right]} \right\}^{0.51} \quad (\text{A. 0.2})$$

式中 α ——系数(m^{-1}), $\alpha = \frac{2g\Delta}{R_s Z T}$;

R_s ——空气的气体常数,在标准状况下, $R_s = 287.1\text{m}^2/(\text{s}^2 \cdot \text{K})$;

Δh ——输气管道计算段的终点对计算段的起点的标高差(m);

n ——输气管道沿线计算管段数。计算管段是沿输气管道走向从起点开始,当其相对高差 $\leq 200\text{m}$ 时划作一个计算管段;

h_i, h_{i-1} ——各计算管段终点和对该段起点的标高差(m);

L_i ——各计算管段长度(km)。

www.Egas.cn

附录 B 受约束的埋地直管段轴向应力 计算和当量应力校核

B.0.1 由内压和温度引起的轴向应力应按下列式计算：

$$\sigma_L = \mu \sigma_h + E \alpha (t_1 - t_2) \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$\sigma_h = \frac{Pd}{2\delta_n} \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中 σ_L ——管道的轴向应力,拉应力为正,压应力为负(MPa);

μ ——泊桑比,取 0.3;

σ_h ——由内压产生的管道环向应力(MPa);

P ——管道设计内压力(MPa);

d ——管子内径(cm);

δ_n ——管子公称壁厚(cm);

E ——钢材的弹性模量(MPa);

α ——钢材的线膨胀系数($^{\circ}\text{C}^{-1}$);

t_1 ——管道下沟回填时温度($^{\circ}\text{C}$);

t_2 ——管道的工作温度($^{\circ}\text{C}$)。

B.0.2 受约束热胀直管段,按最大弯曲应力强度理论计算当量应力,并应符合下列表达式的要求

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_L^2 + 3\sigma_h^2} < 0.9\sigma_s \quad (\text{B.0.2})$$

式中 σ_e ——当量应力(MPa);

σ_s ——管子的最小屈服强度(MPa)。

附录 C 受内压和温差共同作用下的弯头组合应力计算

C.0.1 当弯头所受的环向应力 σ_h 小于许用应力 $[\sigma]$ 时,组合应力 σ_e 应按下列公式计算:

$$\sigma_e = \sigma_h + \sigma_{h\max} < \sigma_b \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$\sigma_h = \frac{Pd}{2\delta_b} \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$[\sigma] = F\varphi t\sigma_s \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$\sigma_{h\max} = \beta_q \sigma_o \quad (\text{C.0.1-4})$$

$$\beta_q = 1.8 \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] \left(\frac{1}{\lambda} \right)^{2/3} \quad (\text{C.0.1-5})$$

$$\lambda = \frac{R\delta_b}{r^2} \quad (\text{C.0.1-6})$$

$$\sigma_o = \frac{Mr}{I_b} \quad (\text{C.0.1-7})$$

式中 σ_e ——由内压和温差作用下的弯头组合应力(MPa);

σ_h ——由内压产生的环向应力(MPa);

σ_b ——材料的强度极限(MPa);

P ——设计内压力(MPa);

d ——弯头内径(m);

δ_b ——弯头壁厚(m);

$[\sigma]$ ——材料的许用应力(MPa);

F ——设计系数,按表 4.2.3 和表 4.2.4 选取;

φ ——焊缝系数。当选用符合本规范第 5.2.2 条规定的钢管时, φ 值取 1.0;

t ——温度折减系数,温度小于 120℃ 时, t 取 1.0;

- σ_s ——材料的屈服极限(MPa);
- σ_{hmax} ——由热胀弯矩产生的最大环向应力(MPa);
- β_q ——环向应力增强系数;
- r ——弯头截面平均半径(m);
- R ——弯头曲率半径(m);
- λ ——弯头参数;
- σ_o ——热胀弯矩产生的环向应力(MPa);
- I_b ——弯头截面的惯性矩(m⁴);
- M ——弯头的热胀弯矩(MN·m)。

www.egor.cn

附录 D 敷管条件的设计参数

表 D 敷管条件的设计参数

敷管类型	敷管条件	E_s (MN/m ²)	基床包角 (°)	基床系数 K
1 型	管道敷设在未扰动的土上, 回填土松散	1.0	30	0.108
2 型	管道敷设在未扰动的土上, 管子中线以下的土轻轻压实	2.0	45	0.105
3 型	管道放在厚度至少有 100mm 的松土垫层内, 管顶以下的回填土轻轻压实	2.8	60	0.103
4 型	管道放在砂卵石或碎石垫层内, 垫层顶面应在管底以上 1/8 管径处, 但不得小于 100mm, 管顶以下回填土夯实密度约 80%	3.8	90	0.096
5 型	管子中线以下放在压实的粘土内, 管顶以下回填土夯实, 夯实密度约 90%	4.8	150	0.085

注: 1 管径等于或大于 DN750mm 的管道, 不宜采用 1 型;

2 基床包角系数指管基土壤反作用的圆弧角。

附录 E 管道附件由膨胀引起的综合应力计算

E.0.1 当输气管道系统中,直管段没有轴向约束(如固定支墩或其他锚固件)时,由于热膨胀作用,使管道附件产生弯曲和扭转,其产生的组合应力(不考虑流体内压作用)应符合下列公式的要求。

$$\sigma_e \leq 0.72\sigma_s \quad (\text{E.0.1-1})$$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{mp}^2 + 4\sigma_{ts}^2} \quad (\text{E.0.1-2})$$

$$\sigma_{mp} = \frac{IM_b}{W} \quad (\text{E.0.1-3})$$

$$\sigma_{ts} = \frac{M_t}{2W} \quad (\text{E.0.1-4})$$

式中 σ_e ——组合应力(MPa);

σ_s ——钢管的最低屈服强度(MPa);

σ_{mp} ——弯曲合应力(MPa);

σ_{ts} ——扭应力(MPa);

M_b ——总弯曲力矩(N·m);

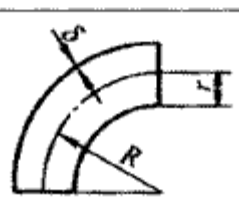
M_t ——扭矩(N·m);

I ——管件弯曲应力增强系数(见表 E.0.1);

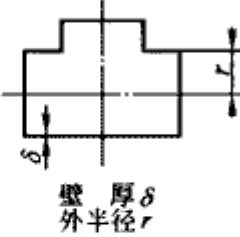
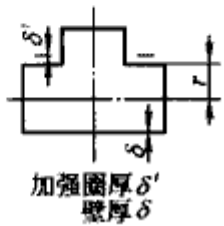
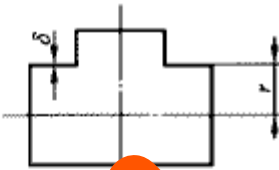
W ——钢管截面系数(cm^3);

当管件不能满足 $\sigma_e \leq 0.72\sigma_s$ 时,应加大壁厚。

表 E.0.1 管件弯曲应力增强系数表

名 称	应力增强系数 I		挠性特性 h	简 图
	平面内	平面外 I_0		
弯头或弯管 (见注)	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.75}{h^{2/3}}$	$\frac{\delta R}{r^2}$	 R ——弯曲半径

续表 E.0.1

名 称	应力增强系数 I		挠性特性 h	简 图
	平面内 I_1	平面外 I_0		
拔制三通 (见注)	$0.75I_0 + 0.25$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$4.4 \frac{\delta}{r}$	
带加强圈的三通 (见注)	$0.75I_0 + 0.25$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{\left(\delta + \frac{1}{2}\delta'\right)^{5/2}}{\delta^{3/2} \cdot r}$	
整体加强三通 (见注)	$0.75I_0 + 0.25$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{\delta}{r}$	
对焊接头, 对焊异径接头 及对焊法兰	1.0	1.0	$\frac{\delta}{r}$	
双面焊平焊法兰	1.2	1.2	$\frac{\delta}{r}$	
角焊接头或 单面焊平焊 法兰	1.3	1.3	$\frac{\delta}{r}$	

注:对管道附件,应力增强系数 I 适用于任何平面上的弯曲,其值不应小于 1,这两个系数适用于弧形弯头整个弧长及三通交接口处。

E. 0.2 在大直径薄壁弯头和弯管中,内压将明显地影响增强系数,对此,原应力增强系数应除以(E. 0.2)式。

$$1 + 3.25 \frac{P}{E_c} \left(\frac{r}{\delta} \right)^{5/2} \left(\frac{R}{r} \right)^{2/3} \quad (\text{E. 0.2})$$

式中 P ——管道附件承受的内压(MPa);

E_c ——室温下的弹性模数。

www.Egas.cn

附录 F 三通和开孔补强的结构与计算

F.0.1 三通或直接在管道上开孔与支管连接时,其开孔削弱部分可按等面积补强原理进行补强,其结构应满足式(F.0.1-1)。

$$A_1 + A_2 + A_3 \geq A_R \quad (\text{F.0.1-1})$$

$$A_1 = d_i (\delta'_n - \delta_n) \quad (\text{F.0.1-2})$$

$$A_2 = 2H(\delta'_b - \delta_b) \quad (\text{F.0.1-3})$$

$$A_R = \delta_n d_i \quad (\text{F.0.1-4})$$

式中 A_1 ——在有效补强区内,主管承受内压所需设计壁厚外的多余厚度形成的面积(mm^2);

A_2 ——在有效补强区内,支管承受内压所需最小壁厚外的多余厚度形成的截面积(mm^2);

A_3 ——在有效补强区内,另加的补强元件的面积,包括这个区内的焊缝截面积(mm^2);

A_R ——主管开孔削弱所需要补强的面积(mm^2)。

F.0.2 拔制三通的补强(图 F.0.2)。

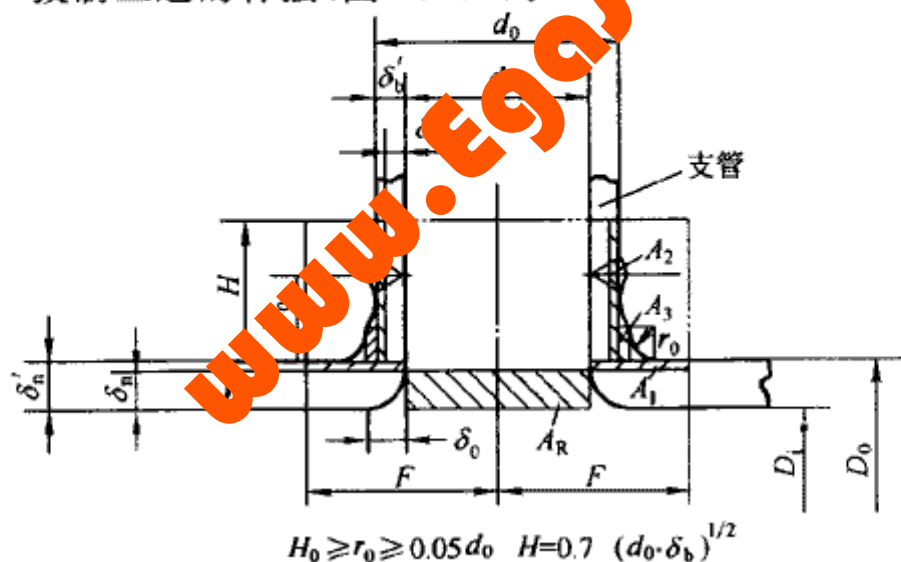


图 F.0.2 拔制三通补强

注: d_0 ——支管外径(mm);
 d_i ——支管内径(mm);
 D_0 ——主管外径(mm);
 D_i ——主管内径(mm);
 H ——补强区的高度(mm);
 δ_0 ——翻边处的直管管壁厚度(mm);
 δ_b ——与支管连接的直管管壁厚度(mm);
 δ'_b ——支管实际厚度(mm);
 δ_n ——与主管连接的直管管壁厚度(mm);
 δ'_n ——主管的实际厚度(mm);
 F ——补强区宽度的 1/2, 等于 d_i (mm);
 h_0 ——拔制三通支管接口扳边的高度(mm);
 r_0 ——拔制三通扳边接口外形轮廓线部分的曲率半径(mm)。

结构为主管具有拔制扳边式接口与支管连接的三通, 选用三通和支管时, 必须使 $A_1 + A_2 + A_3 \geq A_R$ 。这里的 $A_3 = 2r_0(\delta_0 - \delta'_b)$ 。图中双点划线范围内为有效补强区。

F.0.3 整体加厚三通的补强(图 F.0.3)。

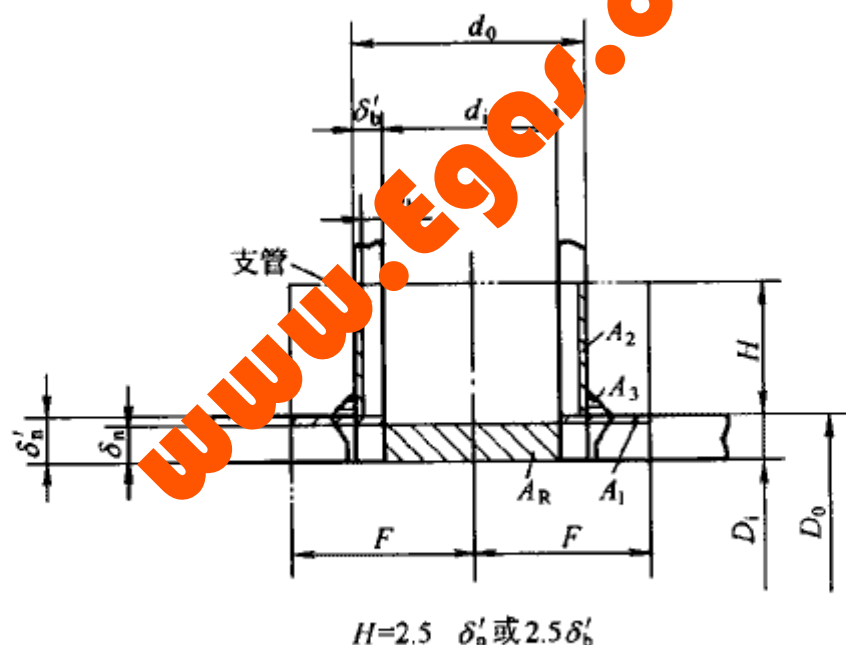


图 F.0.3 整体加厚三通

整体加厚三通的结构是主管或支管的壁厚或主、支管壁厚同时加厚到满足： $A_1 + A_2 + A_3 \geq A_R$ ，这里的 A_3 是补强区内的焊缝面积。

图中符号含义与图 F.0.2 相同。

F.0.4 开孔局部补强(图 F.0.4)。

当在管道上直接开孔与支管连接时，其开孔削弱部分的补强必须使 $A_1 + A_2 + A_3 \geq A_R$ 。这里的 A_3 是补强元件提供的补强面积与补强区内的焊缝面积之和，其补强结构还应符合下列条件：

1 补强元件的材质应和主管材质一致。当补强元件钢材的许用应力低于主管材料的许用应力时，补强元件面积应按二者许用应力的比值成比例增加。

2 主管上邻近开孔连接支管时，其两相邻支管中心线的距离，不得小于两支管直径之和的 1.5 倍。当相邻两支管中心线的距离小于 2 倍大于 1.5 倍两支管直径之和时，应用联合补强件，且两支管外壁到外壁间的补强面积，不得小于主管上开孔所需总补强面积的 1/2。

3 开孔应避开焊缝。

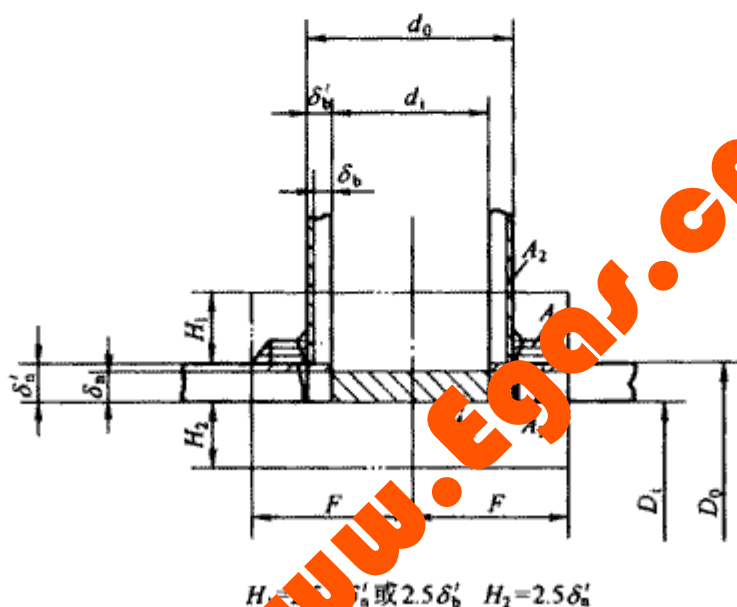


图 F.0.4 开孔局部补强

图中符号含义与图 F.0.2 相同。

附录 G 压缩机轴功率计算

G.0.1 离心式压缩机轴功率应按下列公式计算：

$$N = 9.807 \times 10^{-3} q_g \frac{K}{K-1} R Z T_1 \left(\epsilon^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right) \frac{1}{\eta} \quad (\text{G.0.1-1})$$

$$Z = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \quad (\text{G.0.1-2})$$

式中 N ——压缩机轴功率(kW)；

T_1 ——压缩机进口气体温度(K)；

R ——气体常数(kg·m/kg·K)；

Z ——气体平均压缩因子；

ϵ ——压比；

η ——压缩机效率；

q_g ——天然气流量(kg/s)；

K ——气体比热比($K = c_p/c_v$, c_p 为定压比热, c_v 为定容比热)。

G.0.2 往复式压缩机轴功率应按下列公式计算：

$$N = 16.745 P_1 q_v \frac{K}{K-1} \left(\epsilon^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right) \frac{Z_1 + Z_2}{2 Z_1} \times \frac{1}{\eta} \quad (\text{G.0.2})$$

式中 N ——压缩机轴功率(kW)；

P_1 ——压缩机进气压力(MPa)；

q_v ——进气条件下压缩机排量(m^3/min)；

Z_1 、 Z_2 ——压缩机进、排气条件下的气体压缩系数。

附录 H 管端焊接接头型式

H.0.1 管端壁厚相等的对焊接头型式(图 H.0.1)。

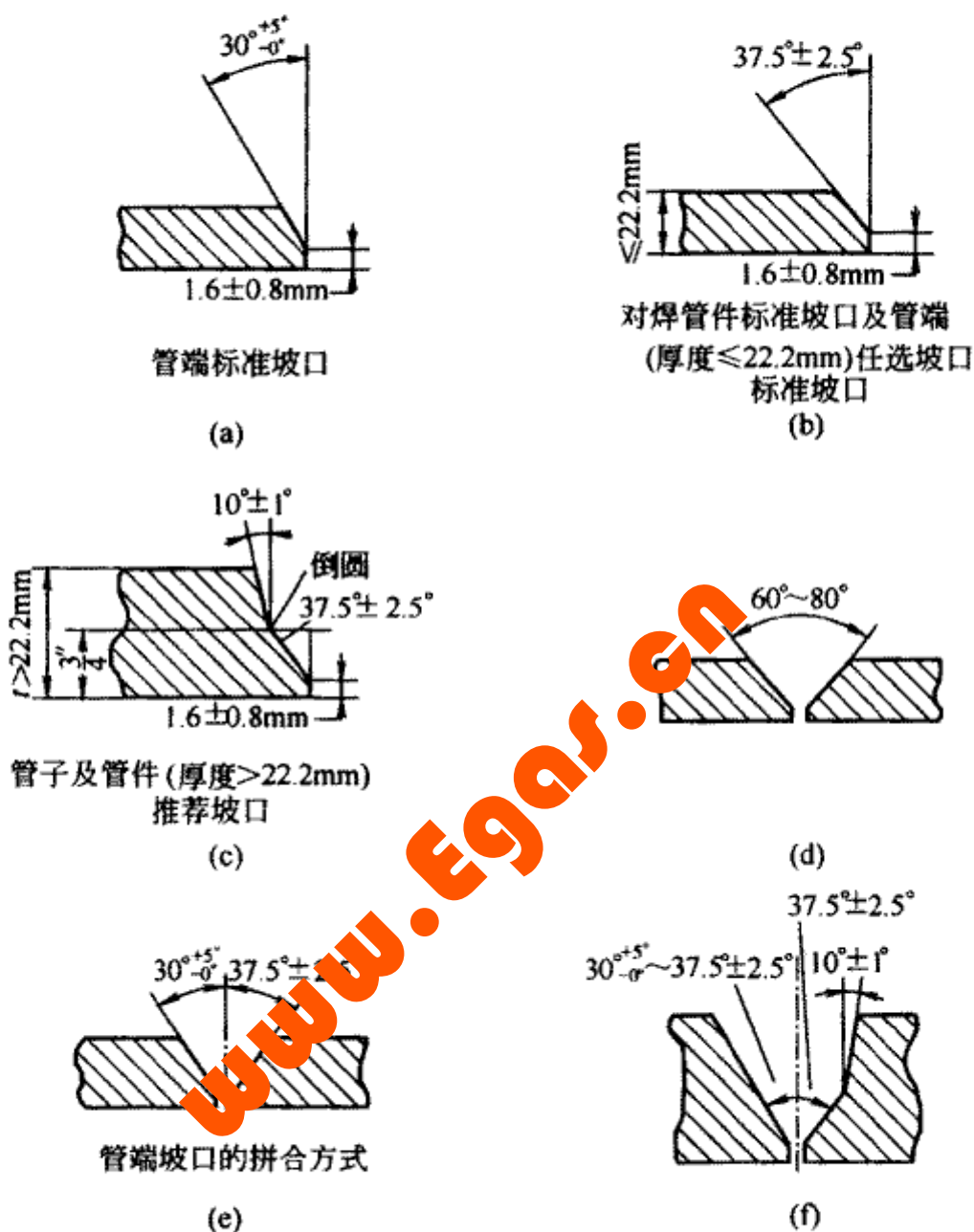


图 H.0.1 管端壁厚相等的对焊接头型式

H.0.2 管端壁厚不等和(或)材料屈服强度不等的对焊接头型式
(图 H.0.2)。

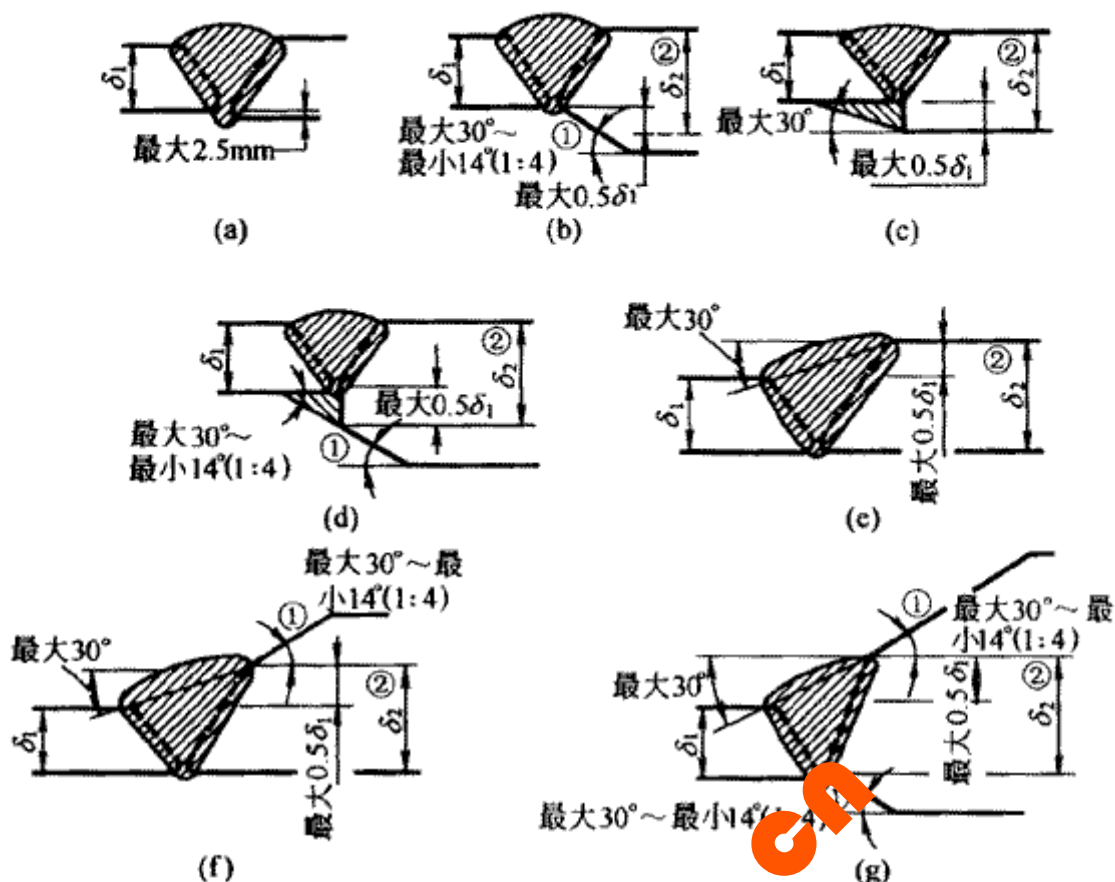


图 H.0.2 管端壁厚不等和(或)材料屈服强度不等的对焊接头型式

注:1. 当相接材料等强度不等厚度不同时,不限定最小值;

2. 图中②设计用最大厚度 δ_2 不应大于 $1.5\delta_1$ 。

H.0.3 对图 H.0.2 的说明

1 一般规定:

- 1) 相接钢管接头设计区以外的壁厚应遵照本规范的设计要求;
- 2) 当相接钢管的屈服强度不等时,则焊缝金属所具有的机械性能,至少应与强度较高的钢管的机械性能相等;
- 3) 两个壁厚不等的管端之间的过渡,可用锥面或图中所示的焊接方法,或用长度不小于钢管半径的预制过渡短节;
- 4) 斜表面的焊缝边缘,应避免出现尖锐的切口或刻槽;

- 5) 连接两个壁厚不等而屈服强度相等的钢管, 均应按照以上规定, 但对锥面的最小角度不作限制;
 - 6) 对焊后热处理的要求, 应按有效焊缝高度值确定。
- 2 当相接钢管内径不等时, 应符合下列规定:
- 1) 如两根相等钢管的公称壁厚相差不超过 2.5mm, 则不需作特殊处理, 只要焊透焊牢即可(见图 H. 0. 2a)。
 - 2) 当内壁厚度偏差超过 2.5mm, 且不能进入管内施焊时, 则应将较厚管端的内侧切成锥面, 以完成过渡(见图 H. 0. 2b)。锥面角度不应大于 30° , 也不应小于 14° 。
 - 3) 环向应力超过屈服强度 20% 以上的钢管, 其内壁偏差超过 2.5mm, 但不超过较薄钢管壁厚的 $1/2$, 且能进入管内施焊时, 可用锥形完成过渡(见图 H. 0. 2c)。较厚钢管上的坡口钝边高度应等于管壁厚度的内偏差加上对接管上的坡口钝边高度。
 - 4) 当内壁厚度偏差大于较薄钢管壁厚的 $1/2$, 且能进入管内施焊时, 可将较厚管端的内侧切成锥面, 以完成过渡(见图 H. 0. 2b), 或用一个组合式锥形焊缝实现过渡, 即以相当于较薄钢管壁厚的 $1/2$ 采用锥形焊缝, 并从该点起, 将剩余部分切成锥面(见图 H. 0. 2d)。
- 3 当相接钢管外径不等时, 应符合下列规定:
- 1) 当外壁厚度偏差不超过较薄钢管壁厚的 $1/2$ 时, 可用焊接完成过渡(见图 H. 0. 2e), 但焊缝表面的上升角不得大于 30° , 且两个对接的坡口边应正确熔焊。
 - 2) 当外壁厚度偏差超过较薄钢管壁厚的 $1/2$ 时, 应将该超出部分切成锥面(见图 H. 0. 2f)。
- 4 当相接钢管内径及外径均不等时, 应综合采用图 H. 0. 2a~图 H. 0. 2f 的方式进行接头设计(如图 H. 0. 2g), 此时应特别注意坡口的准确就位问题。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

www.Eggs.cn